



علم دراسة طول العمر والشيخوخة

تأليف: جوناثان سيلفرتاون

ترجمة: سحر توفيق



عالم المعرفة
سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت
صدرت السلسلة في يناير 1978
أسسها أحمد مشاري العدواني (1923-1990) ود. فؤاد زكريا (1927-2010)

حياتنا... وإن طالت!

علم دراسة طول العمر والشيخوخة

تأليف: جوناثان سيلفرتاون
ترجمة: سحر توفيق



يوليو 2016
438

عالم المعرفة

سلسلة شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة
والفنون والآداب

ترسل الاقتراحات على العنوان التالي:
السيد الأمين العام
للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص. ب: 28613 - الصفاة
الرمز البريدي 13147
دولة الكويت
تليفون: 22431704 (965)
فاكس: 22431229 (965)
www.kuwaitculture.org.kw

التنضيد والإخراج والتنفيذ
وحدة الإنتاج في المجلس الوطني

ISBN 978 - 99906 - 0 - 504 - 4

العنوان الأصلي للكتاب

The Long and Short of it:
The Science of Life Span & Aging

by

Jonathan Silvertown

The University of Chicago Press. Chicago & London, 2013.

طُبع من هذا الكتاب ثلاثة وأربعون ألف نسخة

رمضان 1437 هـ ـ يوليو 2016

المحتوى

I

الموت والخلود: المصير

الليـل هـو اللوحة التـي يلونها

الصباح بالضياء

سرقة - تراث -

موت، لكن وعينا مستغرق

في الخلود

إميلي ديكنسون[1]

في وقـت مـا، قريـب أو بعيـد، يفكر كل إنسـان في الموت. إن الامتيـاز الذي يحظى به الشباب هو أنهم غافلون غالبا عن الموت، لكن القـدر فرض عـلى كبار السـن التفكر وإمعان النظـر في يوم يغور المرء في طي النسـيان. كل إنسـان يبحث عن إجابـات بطريقته الخاصة، غير أنه في النهاية يسأل الجميع الأسئلة نفسها: كـم من الزمن سـوف أعيش، ولمـاذا لا بد أن أموت؟ ما السبب المنطقي للشيخوخة والموت؟ ومنذ وقت بعيد، قدم العلم أسـبابا، وسـعى

«على الرغم من أننا نسـأل اليوم الأسـئلة نفسـها عن الزمـن التي سألها أجدادنا في العصور الوسطى، فـإن الإجابات التـي قدمها العلم توسـع من القـدرة عـلى التخيل حتى أقصى حدودها»

الفـــن للوصـــول إلى منطق يمكن أن يعطي معنى لأسرار الحيـــاة والموت. مثل هذا المنطق مخبأ في عمل فني صغير وغير معروف، لكنه لا يقدر بثمن، يعود إلى العصر الوسيط، ويقع أمام المذبح العالي لدير وستمنستر في لندن، بإنجلترا.

لعقـــود طويلة، تختفي تحت ســـجادة لا تُطوى إلا تحت أقـــدام ملك جديد، «الأرضية العظيمة»(*) لدير وستمنستر، والتي تتكون من فسيفساء رائعة التشكيل تصور مشهدا للكون يرجع إلى العصور الوسطى. وتربط هذه الأرضية فترة حياة كل من النباتات، والحيوانات، والناس بفترة حياة الكون، ويوم الحســـاب الذي سيكون إيذانـــا بنهاية هـــذا الكون. ولا يمكننـــا الآن أن نقرأ القصة المكتوبـــة على الأرضية العظيمة وعلى ســـطحها المصاب بتلـــف كبير، ولكن فريق تحقيـــق تاريخيا وأثريا دقيقا قد أعاد ترميمها. هناك كتابة بالحروف اللاتينية حول الجوانب الأربعة للإطار المربع الذي يضم داخله الأرضية، هذه الكتابة تقول لنا إن الفسيفساء اكتملت «في هـــذا العام من أعـــوام الرب، 1272»، في أثناء حكم الملك هنري الثالث[2]. وأســـهم البابا في تكلفة إنشـــائها، أما الفنانـــون الحرفيون الإيطاليون الذين وضعوا النموذج المدهـــش لها، فقد جلبوا معهـــم إلى لندن الكئيبة أحجارا متألقة اســـتخلصت من الأرضيـــات الرومانية القديمة: قطع فسيفســـاء مزججة بألـــوان الأزرق الكوبالت، والفيروزي، والأحمر والأبيض، والبنفســـجي البورفـــيري، اللون الداكن للدم المتخثر. وهـــذا الأخير من أندر الأحجار في الأرضيـــة العظيمة، ولا يوجد إلا في محجر واحد بمصر، وهذا المحجر أُغلق قبل خمسمائة عام من ميلاد المسيح.

وداخـــل الإطار المربع تصميم من أربع دوائر تتدفق كل منها إلى الأخرى، مثل حلقـــات ضخمة مشـــكلة من حبل واحـــد. ذات يوم، كانت الكلـــمات التي تلتف بمحيط الدوائر، تقول:

إذا تأمل القارئ جيدا كل ما هو مكتوب،
فسوف يكتشف هنا مقياس «المحرك الأساسي»:
السياج النباتي يعيش لثلاث سنوات،
وأضف بالترتيب الكلاب، والجياد، والإنسان،
والثيران والغربان، والنسور، ووحوش النهر الضخمة، والعالم:
كل واحد يعيش ثلاثة أضعاف عدد السنوات التي يعيشها السابق عليه.

(*) The Great Pavement of Westminster Abbey (Cosmati Pavement).

«المحرك الأساسي»، إشارة إلى الدائرة السماوية الهائلة الأخيرة في المفهوم السائد في العصر الوسيط عن الكون. وهكذا، وفقا لهذه الكلمات، فإن القارئ الذكي سوف يكتشف في الأرضية العظيمة مقياس الكون، أو بعبارة أخرى، كم من الزمن سيظل هــذا الكون. كان مصممو العصور الوســطى الذين صمموا هذه الأرضية العظيمة يعرفــون أن الحيوانــات والنباتــات المختلفة لها فترات حياة مختلفــة، وأدركوا أن هــذا التنوع جزء من التصميم الأكبر للكون نفســه. والدوائــر المتصلة في الأرضية تجســد فكرة أن دوائر الحيــاة مترابطة معا ومتصلة بمدى حيــاة الكون. كل شيء مرتبــط بتطبيق الرقم ثلاثــة المقدس، ويصل إلى ذروته في يوم الحســاب. الصيغة التي تربط مدى الحياة في الأرضية هي ثلاث ســنوات للسياج النباتي (قبل تجديده بقص الزوائد)، ونتيجة مضاعفته ثلاثا، 3^2 (= 9 سنوات)، هي مدى الحياة المفترضة للكلب؛ وعند مضاعفتها ثلاثا مرة أخرى تعطينا فترة حياة الحصان 3^3 (=27 سنة)، وهكذا حتى نصل إلى رقم 3 مضروبا في نفسه 9 مرات، أو الرقم 19683 سنة لمدى حياة «المحرك الأساسي».

ولا بد أن علماء الكون في العصر الوســيط كانوا يرون أن تســعة عشر ألفا من الســنوات زمن طويل جدا، ولكننا نعرف الآن، عندما ننظر إلى ماضي تاريخ الأرض، أن هذا الرقم لا وزن له على الإطلاق بالنســبة إلى الزمن. فالحجر الجيري المجلوب من ديفون والمســتخدم في الأرضية يتكون في الأســاس من بقايا متحجرة لمخلوقات بحرية، ترجع إلى حيوانات عاشــت منذ 350 مليون سنة تقريبا، لكن الحياة كانت موجودة على الأرض منذ زمن هو عشرة أضعاف ذلك (3.5 مليار سنة)، أما الكوكب فهو أقدم من ذلك بمليار سنة أخرى. ويقدر عمر الكون في تقديراتنا الحالية بأربعة عشر مليار ســنة تقريبا. وعلى الرغم من أننا نسأل اليوم الأسئلة نفسها عن الزمن التي سألها أجدادنا في العصور الوسطى، فإن الإجابات التي قدمها العلم توسع من القدرة على التخيل حتى أقصى حدودها.

مــاذا يقــول العلم عن فــترة امتداد الحياة لــكل مخلوق؟ لمــاذا تعيش الأنواع المختلفة لفــترات زمنية مختلفة الأطوال للغاية - الكلب 10 ســنوات تقريبا، ولكن الإنسان 80؟ اعتقد علماء الكون في العصر الوسيط بوجود وحدة من نوع ما في تنوع فترات امتداد الحياة لأن كل شيء يعود إلى سلســلة رياضية منظمة إلهيّا. فهل العلم

لديه تفسير موحد لاختلاف آماد الحياة، أم أن الأمر مجرد حشد هائل من الحقائق، مثل كومة من قطع الفسيفساء تفتقد النظام أو التصميم؟ وماذا عن الشيخوخة - التراجع الوظيفي الذي يتراكم مع التقدم في العمر ويقضي حتى على أطول حياة؟ لماذا نَهْرَم؟ وهل تعجز الحيوانات والنباتات بسبب الهَرَم كما يحدث معنا؟

هذا الكتاب هو لوحة الفسيفساء الخاصة بي، سوف أجمع فيه الإجابات التي يقدمها العلم الحديث عن هذه الأسئلة. لكننا سوف نبدأ بدير وستمنستر، لأنه من المثير للدهشة أن يكون لكنيسة من العصور الوسطى الكثير مما يمكن أن تكشفه لنا عن الموت والخلود، أكثر من مجرد الرسالة المخبأة في الأرضية العظيمة.

في دير وستمنستر تدفن إنجلترا الخالدين من أبنائها. هنا يسكن الموت وأجيال المستقبل الأرض نفسها، كي نتذكر أن الفن العظيم والإدراك العلمي يتخطيان الفناء. يرقد في هذا المكان، الذي يُعتبر مزارا قوميا كما يُعتبر كنيسة، جيوفري تشوسر Geoffrey Chaucer (توفي 1400)، مؤلف «حكايات كانتربري». وتحيط به في «ركن الشعراء» النصب التذكارية لكل من: ويليام شكسبير، ويليام ووردزوورث، تشارلز دكنز، جين أوستن، جورج إليوت، تي. إس. إليوت، هنري جيمس، بالإضافة إلى كل اسم آخر تقريبا من أسماء أدباء الإنجليزية العظام. وتزدحم جدران وأرضية فالهالا[*]، أو قاعة الموتى العظام، بالأسماء الشهيرة حتى إن تلك الأسماء قد خرجت إلى النافذة المزدانة بالزجاج المعشق فوق مقبرة تشوسر. ومن بين الأسماء التي تزدان بها النافذة، وهي تلقي الضوء على مقبرة تشوسر، اسم كل من أوسكار وايلد والبابا ألكسندر.

لكن هذه كنيسة إنجليزية، ولهذا فإن نسيجها الوقور تجري فيه، كما تجري العروق في الرخام، المفارقات، والتمرد، بل حتى البذاءة. في القرن السابع عشر، خاض صبية المدارس من كلية وستمنستر المجاورة معارك في الممرات المهملة مع «عظام فكي» الملك ريتشارد الثاني[3]. وفيما بعد، حفر الطلبة الشباب أسماءهم على المقابر، بل على كرسي التتويج أيضا، ولايزال من الممكن رؤية هذه الأسماء

(*) في الميثولوجيا الإسكندنافية، فالهالا Valhalla (وتعني قاعة القتلى)، هي قاعة مهيبة، ضخمة، تقع في عالم أسطوري يحكمه الإله أودين. وأمام هذه القاعة توجد الشجرة الذهبية، والقاعة مسقوفة بدروع ذهبية أيضا. وقد ألهمت هذه القاعة الكثير من الشعراء في العصور الوسطى والقديمة، وذكرت في ملاحم شعرية عديدة، كما ألهمت الكثير من الأعمال الفنية والمؤلفات والثقافة الشعبية، وأصبحت مصطلحا يدل على قاعة للمختارين من الموتى. [المترجمة].

المحفورة على هيئة الغرافيتي. ويسجل صمويل بيبيس Samuel Pepys، كاتب اليوميات في القرن السابع عشر، أن جسد الملكة كاثرين من فالوا، زوجة الملك هنري الخامس، أخرج من القبر بعد مرور 232 سنة على وفاتها، وظل معروضا ومتاحا لمن يراه، وفي أحد أيام شهر فبراير 1669، يكتب بيبيس: «بتفضل خاص... أمسكت الجزء الأعلى من جسدها بين يدي، وقمت بالفعل بتقبيل فمها، وأنا أتأمل فكرة أنني قبّلت ملكة بالفعل»[4].

وقد أدى مثل هذا الانتهاك للمقدسات إلى إثارة فزع الزوار فيما بعد. في بداية القرن التاسع عشر كان واشنطن إيرفينغ Washington Irving يزور المكان قادما من نيويورك، وكتب قائلا:

> فكرتُ أنا، ما هذا الجمع الكبير من الأضرحة إلا خزانة من الامتهان؛ كومة هائلة من المواعظ المثيرة للضجر حول خواء الشهرة، ويقين الضياع في غياهب النسيان! إنها حقا إمبراطورية الموت؛ هذا القصر العظيم المبهم في دولة من الوهم الزائف حول تذكارات المجد البشري، ينشر التراب والنسيان على أضرحة الأمراء. يا له من زهو عديم الجدوى وعديم المعنى بخلود اسم من الأسماء![5].

وعندما يجد المرء نفسه في الدير محاطا بآلاف الأسماء المنسية، سيشعر بالميل للموافقة على هذا القول. كيف يمكن قياس أي فترة امتداد لحياة إنسانية، والتي تنتهي حتما بالتقدم في العمر والعلل، في مقابل خلود الموت ودوامه؟ في الممر الجنوبي، بعد الركن الذي يوجد فيه شعراء أكثر شهرة، نجد نصبا تذكاريا لويليام كونغريف (William Congreve 1729-1670)، شاعر وكاتب مسرحي كان رئيس الوزراء ممن حملوا نعشه في ذلك الوقت، ولكنه الآن نادرا ما يرد له ذكر[6]. وقد أنفقت حبيبة كونغريف، هنرييتا، دوقة مارلبورو، جزءا من ميراثه لها لبناء تمثال آلي لكونغريف، منحوت من العاج ويتحرك آليا بطريقة حركة الساعات. كانت الدوقة تتحدث يوميا على مائدة الطعام إلى حبيبها الآلي المتحرك، كأنه لايزال حيا، مما أعطى ذكراه، على الأقل بالنسبة إليها، مهلة مؤقتة من الموت.

هذا الدير أيضا هو الكنيسة التي يجري فيها عادة تتويج ملوك وملكات إنجلترا. وكانت ذروة حفلات التتويج فخامة وعظمة في االعام 1902، عند تتويج

إدوارد الســابع، عندما كانت الإمبراطوريــة البريطانية في أوج عظمتها[7]. كان ملك إنجلترا وملك رُبْع الكرة الأرضية، وإمبراطور الهند، قد تلقى تحذيرا من أطبائه قبل الاحتفــال بأنه يمكن أن يموت أثناء الطقــوس إن لم يؤجلها ليعالج من التهاب حاد في الزائدة الدودية. وفي تردد، أذعن العاهل لقدره الفاني، ولكنه كان لايزال ضعيفا عندما جرى التتويج أخيرا. فاللقب وعلو المكانة لا يمنعان علل التقدم في السن. كان المطران الذي يقوم بمراسم التتويج يبلغ من العمر 80 سنة، وكان في حال أسوأ حتى من حال الملك، ومع ضعف بصره الشديد، ويديه المرتعشتين، كان من الصعب عليه قراءة القداس، ولم تكن لديه القوة على رفع التاج إلى رأس الملك الجديد. ســاعده الملك وثلاثة من الأســاقفة على الوقوف على قدميه بعد أن ركع أمام العرش. توفي المطران خلال أشهر قليلة. ولم يعش الملك إدوارد السابع إلا ثماني سنوات بعد ذلك وتوفي في الثامنة والستين.

كيف نتذكر الملك إدوارد الســابع اليوم؟ إن العمــلات التي أصدرت في عهده، والتــي كانــت قويــة الاحتمال بكل تأكيــد، وكثيرة العــدد بما يكفي لترديد اســم إدوارد لقــرون، أصبحــت خارج الخدمة منذ زمن طويــل. ولم يعد أطفال المدارس البريطانيون يحفظون أســماء وتواريخ الملوك التي كان أجداد أجدادهم يحفظونها عــن ظهر قلب. ولكن، في 1902، كرم أحد مزارعي الخضراوات الملك إدوارد فأطلق اســمه على نوع جديــد من البطاطس. وهكــذا، من المفارقة أن الملــك إدوارد في إنجلــترا الآن، هو بطاطــس. والبطاطس أطول عمرا من الملــوك، ذلك أن كل درنة مــن البطاطس مطابقة جينيا للنبــات الذي جاءت منه، وبما أن كل محصول ينبت من درنات محفوظة من المحصول الســابق، فإن بطاطس الملك إدوارد لاتزال حية، تتكاثر مع كل فصل. كذلك بطاطس إيداهو، وهي صنف من البطاطس أقدم حتى من بطاطس الملك إدوارد، وهي التي تقدم كبطاطس محمرة في مطاعم ماكدونالد. هذه البطاطس سوف تعيش أكثر منا جميعا، خاصة لو كنا نأكل كثيرا منها. وسوف نكتشف فيما بعد لماذا تكسر النباتات كل القواعد بالنسبة إلى طول العمر الأقصى، وكيف أن الغذاء يؤثر على طول العمر في الحيوانات، بما فيها نحن بني البشر.

وعلى الرغم من الأمثلة الحادة لتقلب الشــهرة بــين صعود وهبوط، فقد كان واشــنطن إيرفنغ مخطئا. فبعض الأســماء لايزال ذكرها يتردد، ومنها اســمه نفسه.

هل يمكن أن يُنسى شكسبير أبدا؟ من يمكن أن يفشل في التعرف على اسم جورج فريدريك هاندل على مقبرة المؤلف الموسيقي في ركن الشعراء، بينما موسيقاه السامية لاتزال تتردد عالية؟ إن من يصنعون أعمالا خالدة يعيشون إلى الأبد، حتى لو قال وودي آلن مازحا ذات مرة: «لا أريد أن أحصل على الخلود من خلال أعمالي. إنما أريد الخلود بتفادي الموت». وهي ملحوظة ربما ما كانت تعجب السير إسحاق نيوتن، الذي اشتهر بالرصانة و«الثقل»، وليس بالخفة والرعونة. ويُقال إنه لم يضحك في حياته كلها سوى مرة واحدة، عندما سأله شخص عن فائدة «عناصر» إقليدس[8]. والنصب التذكاري الرخامي لنيوتن في الدير شديد الفخامة حتى إنه أقرب إلى الضريح، وهو ما يستحقه هذا الكوكب المنير في مجال العلم. ومن المعروف أن البابا ألكسندر كتب في تأبينه لنيوتن قائلا: «كانت الطبيعة وقوانين الطبيعة ترقد مختبئة في الليل: قال الرب، «فليكن نيوتن!» فغمر الضياء الكون».

على بعد خطوات قليلة من ضريح نيوتن يقع مدفن تشارلز داروين الخالي من الزخرف، فهو مغطى بلوح أرضي بسيط من الرخام الأبيض، لا يتميز سوى بحفر بسيط للاسم والتاريخين. عند موت داروين، كانت الكنيسة الإنجيلية قد تصالحت إلى حد كبير مع نظرية النشوء والارتقاء، وكانت هذه النظرية قد أضيفت إلى قائمة قوانين الطبيعة التي سنّها الله. أما بالنسبة إلى داروين نفسه، فعلى الرغم من أنه تلقى في شبابه المبكر تعليما دينيا يؤهله لخدمة الدين المسيحي، فإنه عند موته كان ينتمي إلى طائفة «اللاأدريين». تداعى إيمان داروين أمام سؤالين لايزالان يثيران المتاعب حتى اليوم. الأول هو: لماذا يسمح الله بوجود الشر؟ والسؤال الثاني هو: أين الدليل المادي على وجود الله؟ كان تشارلز داروين رجلا يتمتع بحساسية مرهفة وطيبة بالغة، وكان بالغ المحبة والإخلاص لعائلته، ومعارضا شرسا للعبودية، وشديد المراعاة للآخرين. عندما توفيت ابنته المحبوبة بسبب معاناتها من مرض السل في العاشرة من عمرها[9]، لم يستطع أن يتخيل كيف يمكن للرب، إن كان موجودا حقا، أن يطيق معاناة طفلة بريئة. وجدت إمّا، زوجة تشارلز داروين، الراحة والعزاء عن وفاة آني في الدين، لكن داروين لم يلق إلا الشك. واللغز العلمي اليوم هو لماذا يتيح الارتقاء والتطور الشيخوخة والموت؟ لماذا أنا، يا رب، أشيخ وأموت وليست بطاطس إيداهو الأبدية؟

وإلى جانــب مقــبرة داروين في دير وستمنســتر، وقريبا منها جــدا حتى يكاد شــاهدا القبرين يتلامسان، مقبرة السير جون هيرشل، عالم الفلك والرياضيات. وكان هيرشــل قبل وقت طويل من نشر داروين كتابه «أصل الأنواع» (The Origin of Species)، قــد تأمل فيما أســماه «لغز الألغاز، حلول أنــواع أحيائية جديدة محل تلك المنقرضة»، وفكر في أنه «لو اســتطعنا بأي حال أن ندرك أو نطلع على النشأة الأصليــة لنوع أحيائي جديد، لكان من الممكن أن نجــد أنها عملية طبيعية تتمايز بمغايرتهــا عن العملية الإعجازيــة». وعندما كتب داروين أصل الأنواع، أشــار إلى تعليق هيرشل حول «لغز الألغاز» في فصل المقدمة. والعنوان الذي اختاره داروين لكتابه ربما كان أيضا مســتلهما من عبارة هيرشــل «النشــأة الأصليــة لنوع أحيائي جديد». والحق أن الإنجاز العظيم لداروين هو اكتشاف كيف يمكن أن تنشأ أنواع أحيائيــة جديدة بشــكل طبيعي، من دون الإعجاز الذي تمثلــه عملية الخلق. لقد اكتشف كيف يحدث التطور والارتقاء Evolution.

أطلق داروين على الآلية التي تستحث التطور «الانتخاب الطبيعي». وقال: دع الأفراد تتنوع، وســوف يحدث أن من يمتلــك قدرة أفضل على البقاء في الصراع من أجل الوجود، الذي يميز الحياة اليومية، سوف يترك نسلا أكثر مما يتركه رفاقه الأقل مقدرة. والآن تخيل أن التنوع الذي تعمل على أساسه هذه الغربلة الطبيعية يجري توارثه ويمر من الآباء إلى الأبناء. ســوف يجري اختيــار هذه الخصائص التي تؤدي إلى نجاح تناســلي أكبر بشكل طبيعي، وسوف تزيد في كل جيل. وعلى مدى أجيال عديدة، سيحدث تغير بناء على الانتخاب الطبيعي، وبمرور ما يكفي من الزمن، كما كتب داروين في الأسطر الختامية لكتابه «أصل الأنواع»: «سنجد أشكالا لا حصر لها هي الأجمل والأروع والأعجب قد تطورت وارتقت ولاتزال»[10].

إن دير وستمنســتر شــاهد على النضال من أجل الوجود، ففي هذا المبنى نرى مــدى ما ينطوي عليــه الفناء من قوة عظيمــة. لا يمكنك أن تدخــل الدير، الذي بُنــي لأول مرة منذ أكثر من ألف عام، دون أن يذكــرك بمدى قِصَر الحياة البشرية واقتضابها، مقارنة بالامتداد العظيم والهائل للزمن. حتى وقت حديث، كان المرض حاصدا عظيما للحياة وللمواهب الشــابة، كان ذلك يحدث كثيرا لدرجة أن جزءا لا يستهان به من أولئك الذين خُلدت ذكراهم في ركن الشعراء لو بُعثوا ثانية في ذلك

المكان نفسه، لتحول إلى جناح لمرضى السل[11]. جون كيتس (توفي 1821) مات في سن 26 من هذا المرض. قتل هذا المرض أيضا اثنتين على الأقل من الأخوات برونتي الثلاث، وأخاهن العنيد برانويل، كما قتل إليزابيث باريت براونينغ (توفيت 1861)، ود. هـ. لورنس (توفي 1930). وقد عانى البابا ألكسندر (توفي 1744) من إعاقة في النمو وحياة عليلة بسبب السل. ومن الأدباء الآخرين الذين عانوا هذا المرض روبرت بيرنز (توفي 1796)، وهنري ديفيد ثورو (توفي 1862)، وواشنطن إيرفنغ (توفي 1859). وقد تركت الجرثومة التي تتسبب في مرض السل علامتها التطورية على الجينوم البشري[12]. لقد زاد الانتخاب الطبيعي من تواتر الجينات المقاومة في بني البشر الذين كانوا أكثر تعرضا للمرض. وفي الواقع، إن الجينوم البشري قد طعم بجينات لديها وظيفة حمايتنا من المرض، وكلها منتج الانتخاب الطبيعي الذي استحثته أوبئة الماضي[13].

وكان موت النساء في أثناء الولادة من حالات الوفاة المنتشرة للغاية، ومن دون أي تفرقة بين الطبقات[14]. ماتت والدة هنري الثامن واثنتان من زوجاته الست بهذه الطريقة. وكان مرض الحمى القرمزية، وهو مرض بكتيري، يقتل أطفال الأغنياء مثلهم في ذلك مثل أبناء العائلات المتواضعة. في رواية لويزا ماي ألكوت الشهيرة «نساء صغيرات»، والتي تدور في وقت الحرب الأهلية الأمريكية، تصاب بث مارش وهي في الثالثة عشرة بالحمى القرمزية وهي تساعد الفقراء، وتموت في النهاية بسبب هذا المرض. كان الموت حاضرا أبدا في عالمها حتى إن دمى بث الستة كانت كلها مريضة. وقد أفادت التطعيمات، والمضادات الحيوية، والعناية الصحية والطبية الجيدة بتحرير سكان العالم المتقدم من الخوف اليومي من موت الأم والطفل، ولكن لايزال السل هو أكبر أسباب الموت التي يمكن الوقاية منها في العالم النامي.

كسب العلم والصحة العامة معارك مهمة ضد انتقال المرض، ولكنهما لم يكسبا الحرب بعد. فالبكتيريا تعيش أجيالا في أزمنة قصيرة للغاية، الأمر الذي يعطيها القدرة على التكاثر والارتقاء بمعدلات هائلة. وعلى سبيل المثال، بكتيريا الملوية البوابية (هليكوباكتر بايلوري Helicobacter py-lori)، التي تعيش عادة في معدة الإنسان من دون أن تسبب ضررا، ولكنها يمكن أن تسبب القُرح، بل

حتى السرطان، هذه البكتيريا يصاب بها الإنسان في أثناء الطفولة، وإذا لم تُعالج، تطوّر صفات مختلفة جينيا داخل جسم الإنسان طوال حياة من الإصابة[15]. هذه البكتيريا يحملها نصف البشر، وإذا كان كلانا، أنت وأنا، مصابين بهذه البكتيريا، فمن المؤكد أن تكون مختلفة تماما لدى كل منا. لقد أدت قدرة مسببات الأمراض pathogens قصيرة العمر على التطور بسرعة إلى ظهور جينات للمقاومة الحيوية في بكتيريا هـ. بايلوري، وفي بكتيريا السل، وفي كثير غيرهما. هذه الجينات تنتشر لأنها تعطي البكتيريا التي تحملها القدرة على أن تتخطى محاولاتنا لتسميمها، ولكن الأسوأ من ذلك أنها يمكن أن تنتقل بين أنواع من البكتيريا لا صلة بينها، ومن ثمّ يمكن للمقاومة المضادة للحيوية أن تنتشر بسرعة هائلة وتشكل تركيبات مجمعة تستدعي أن يقول لك طبيبك الكلمات التي لا تتمنى أبدا أن يقولها: مقاومة متعددة للأدوية multiple drug resistance.

بعض الحيوانات أيضا لديها أنواع مختلفة من الهليكوباكتر، ولكن الغريب أن الحيوانات الحاملة لنوع البكتيريا الأقرب جينيا من بكتيريا هـ. بايلوري عند الإنسان ليست هي الحيوانات الأقرب إلينا، كما قد تتوقع، ليست الشمبانزي أو القرود، بل القطط الكبيرة، مثل الفهد والأسد والنمر. ويقدّر العلماء أن أسلاف هذه البكتيريا قفزت من البشر إلى القطط الكبيرة منذ نحو 200 ألف سنة، عندما كانت أجناس الإنسان لاتزال تسكن في نطاق الغابات الأفريقية[16]. في ذلك الوقت، كان الخوف من القطط الكبيرة يبعث في أجدادنا تقلصات وقُرح البطن. ويبدو أننا، بفضل هـ. بايلوري، استطعنا أن نرد المجاملة لتلك الحيوانات.

ونبدأ في رؤية المغزى التطوري لمدة الحياة في البكتيريا المسببة للأمراض. في الواقع، ليس الأمر هو مدى قصر الحياة في حد ذاته، ولكن قصر زمن كل جيل هو الذي يضفي مثل هذه الميزة التفاضلية الهائلة على البكتيريا. فمدة الحياة هي معدل الزمن المنقضي بين الميلاد والموت. وزمن الجيل هو الزمن بين الميلاد والقدرة على إنتاج مواليد جديدة. وتتكاثر البكتيريا بالانقسام، ومن ثمّ، فإن مدة الحياة وزمن الجيل بالنسبة إليها هو الشيء نفسه، ويمكن أن يكون مدة قصيرة للغاية لدرجة أن يكون 30 دقيقة. لكن زمن الجيل في البشر يتراوح بين 20 و25 سنة، بينما مدة الحياة من 70 إلى 80 سنة.

ويفيد قـصر زمن الجيل في تسريع دوران عجلة التطـور، مما يجعل التعجيل بالتطـور ممكنا، وهذا أحد أسـباب قدرة البكتيريا عـلى التكيف بهذه السرعة مع التحديـات الجديدة مثل المضادات الحيويـة. ولكن، حتى لو تجاهلنا هذه القدرة على التكيف، فـإن الزمن القصير للجيل له ميزة الأفضلية العددية. إن الفائزين في لعبة التطور والارتقاء هم أولئك الذين ينجبون سـلائل أكثر عددا، ولأن قصر زمن الجيل يعمل على تسـارع وتيرة الزيادة، فإنه يضيف ميزة هائلة. إذ بينما الكائنات التـي تعيش حياة أطول تمر بفترة صعبـة في مراهقتها، فإن الكائنات قصيرة العمر تنجب صغارها وصغارها تنجب صغارا آخرين. لكن هنا يكمن اللغز. إذا كان قصر زمن الجيل هو ميزة تفاضل كبرى بهذه الدرجة، فلماذا لا تكون عامة وشاملة؟

إن قطـع الفسيفسـاء التي جمعتهـا في هذا الكتاب يجمعها إطـار هو عبارة عن سلسـلة من الألغاز المتصلة، وأحجية طول العمر هي فقط أولى الأحاجي بين هـذه الألغاز. ويتطلب حل هذه الألغاز وفرة من الحقائق الغريبة والمثيرة لفضول البحـث والمعرفة، ومجـادلات بارعة وحُججا مبدعة. وحتى لـو كنتَ، أيها القارئ وأيتها القارئة، لا تهتم إلا بنوعك الأحيائي وحده، فسـوف تكتشف في الفصل الثاني أن السؤال: لماذا ليس لنا جميعا حياة قصيرة مثل الميكروبات؟ يمكن أن تجد إجابته بعمـل مقارنة بين أنواع أحيائية عديدة، لأن كلا منها يمثل تجربة في التطور تحمل في طياتهـا معرفة جديدة نتعلم منها. وبعد ذلك، في الفصل الثالث، نتسـاءل: «ما الشيخوخة، وكم نستطيع أن نعيش إن كان من الممكن إلغاؤها؟» في الفصل الرابع نسـتقصي مدى تأثـير الوراثة على طول العمر، ونكشـف الحقيقة المدهشـة بأن تعديلا طفيفا في جينات معينة موجودة في كل الحيوانات يمكن أن يؤدي إلى إطالة الحياة بدرجة كبيرة للغاية.

وممن كتبوا بفطنة كبيرة وإدراك متمعن حول طول العمر الفيلسوف الإغريقي أرسـطو (384-322 ق.م)، الذي يعتبر أيضـا أول بيولوجي لملاحظاته المباشرة حول العالم الطبيعي. لاحظ أرسطو أن النباتات هي الكائنات الأطول عمرا لأنها تستطيع «تجديد نفسـها باستمرار، ولهذا تسـتطيع الحياة زمنا طويلا». في الفصل الخامس سيكون اللغز هو كيف تستطيع النباتات، بدءا من البطاطس حتى أشجار السيكويا العملاقة، التحكم في شيء لا تحوزه سـوى أنـواع قليلة للغاية من الحيوانات. ومع

معرفـة أن التعديـل الجيني يمكنه إطالـة الحياة وأن بعض النباتـات تبدو فعليا خالدة، يتناول الفصل الســادس أكبر الألغاز، وهو لماذا يوجد الموت أصلا، أو بدقة أكبر، «لماذا هذا الانتخاب الطبيعي، الذي يفضل كائنات تسـتطيع البقاء والتكاثر، يتيح حدوث الشـيخوخة والموت على الإطلاق؟» وفي الفصل الســابع نسبر القضية الكبرى التي تطرحها الكائنات الانتحارية، مثل سـمك سالمون المحيط الهادئ: هل يمكـن بأي حال أن يصبح الموت قابلا للتكيف؟» وأخيرا، في الفصلين الأخيرين نصل إلى دغـل كثيف بالألغاز حول كيف تحدث الشـيخوخة على المسـتوى الجزيئي. وبينما تتقدم الأجســام في العمر تحدث أشياء خاطئة كثيرة، حتى إن مجرد اختيار الأســئلة الصحيحـة يصبح صعبا، لكن هناك مغزى وسـط كل هـذا الجنون. هذا ملخص عام للقطع المرسلة في لوحة الفسيفساء التي أقدمها لكم. فإذا كنت ترغب في رؤيـة كيف يمكن أن تتفق وتُرتب معا، وكيف يبدو النموذج النهائي لها، فدعني أطوي البساط أمام أقدام جلالتك، ثم اتبعني.

2

ساعة رملية لا تتوقف: طول العمر

وما الحياة؟ إنها ساعة رملية تتساقط رمالها

بلا توقف

ضباب ينقشع تحت شمس الصباح

حلم نشيط دائب يظل يتكرر

طولها؟ لحظة توقف، لحظة تفكير

والسعادة؟ فقاعة في مياه جدول متدفق

إذا حاولت أن تمسك بها تتضاءل إلى لا شيء

جون كلير «وما الحياة؟»[1]

عندما كتب الشاعر الريفي ونصير المذهب الطبيعي جون كلير (1864-1793) هذه الكلمات، كانت حياة المزارع كما كان هو بالفعل، وبتعبير توماس هوبز، «فقيرة، رديئة، فظة، شرسة، وقصيرة». لكن حتى مثل هذه الحياة هي ذروة طول العمر، مقارنة بتلك التي تحظى بها معظم الكائنات. من وجهة نظر التطور، ليس هناك الكثير مما يمكن

«السرطان، بكل أشكاله، تذكرة غاشمة بأن الحياة الطويلة إنجاز خطر لا بد من حمايته ضد القوى المتهورة لانقسام الخلايا السريع»

قوله بالنسبة إلى الحياة الطويلة. فالانتخاب الطبيعي يفضل الخصائص الوراثية التي تدعم التكاثر، ومن ثمّ فإن الجين الذي يعطي صفة حياة قصيرة وتكاثر مبكر سوف ينتشر كالنار في الهشيم، حيث إن نسل حامله يتكاثرون ويتضاعف عددهم، ويتكاثر بالتالي نسلهم على مدى الأجيال. وبالمقارنة، فإن الكائنات التي تحمل جينا يعطي خاصية بلوغ متأخر وحياة أطول سوف تتهادى في حركتها ببطء نحو التناسل وسرعان ما سوف تصبح في طي التاريخ. المسألة حسابية تماما. تخيل بنكين يدفعان لك فائدة مجتمعة على مدخراتك. فأي البنكين سوف يكون مكسبك منه أكثر، البنك الذي يدفع لك 5 في المائة كل شهر، أم الذي يدفع لك 5 في المائة كل عام؟ إن الفائدة المجمعة شهريا بمقدار 5 في المائة سوف تغل لك 100 دولار إلى نحو 180 دولارا في السنة، وهو مكسب يعادل 40 مرة مكسبك سنويا من البنك المتلكئ. هذا بالضبط نوع المزية التي تضفيها الحياة القصيرة والتكاثر المبكر على الكائنات. وبالمناسبة، إذا وجدت بنكا يعطي ولو 2 في المائة في الشهر، فلا تنس أن تخبرني.

إذن، فليس لغز طول العمر هو لماذا نموت بهذه السرعة، وإنما على العكس، لماذا نعيش طويلا هكذا. وهناك حل بالطبع، ولكنه استغرق أكثر من 2.7 مليار سنة لاكتشافه، وبالتالي فنحن بحاجة لأن نبدأ بالقرب من بداية الحياة نفسها. كانت أول كائنات نشأت بسيطة وأشبه بالبكتيريا، وعلى مدى قدر هائل من تاريخ الحياة على الأرض، كانت هذه الكائنات هي كل شيء حي. ترجع أول آثار للحياة مسجلة في الحفريات إلى نحو 3.5 مليار سنة، ومنذ ذلك الوقت، كانت الميكروبات فقط هي سكان الأرض طوال 2.7 مليار سنة. وأقصر قصيدة في العالم كله، عنوانها «سطور على العمر العتيق للميكروبات»، تحتفل بهذه الحقيقة بأسلوب غاية في البلاغة:

آدم...

كانت عنده.

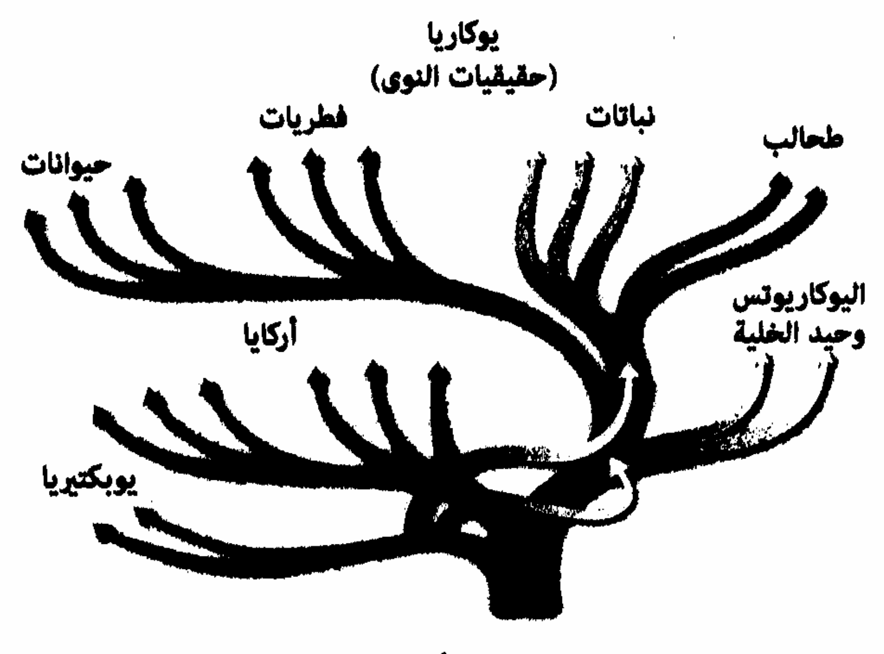
كانت الميكروبات مجرد خلايا مفردة، أو، في أقصى صورها تعقيدا، سلاسل أو ألواح من الخلايا المتطابقة. وكل ما نفكر فيه اليوم باعتباره حياة - كل الكائنات التي هي أفراد كبيرة الحجم يمكن أن نراها بالعين المجردة - نشأت في خلال الـ 800 مليون سنة الأخيرة.

ومـن ثمّ، فإن جزءا من حل لغز طول الحياة هو أنه طوال زمن طويل، طويل جـدا، لم يكن ثمة لغز على الإطلاق. فبالنسـبة إلى معظم تاريـخ الأرض، كان كل كائـن تقريبا وحيد الخلية[2]، وكان - على الأقل احتماليا - قصير العمر وقادرا على التكاثـر بسرعة. وحتى اليوم، الميكروبات متفوقة عدديا. وهي متفوقة على الخلايا في جسـمك بنسـبة عشرة إلى واحد على الأقل من الخلايا البكتيرية والفطرية التي تعتبر جسـمك سكنا لها[3]. كتب الشاعر الأمريكي والت ويتمان في قصيدته «أغنية نفـسي» (1855): «أنـا كبير، أنا أحتوي ما لا يعد ولا يحـصى»[4]. ولا أظن أنه كان يعلم مدى صحة هذا القول.

يتكون اثنان من الأفرع الثلاثة الرئيسـية في شـجرة الحيـاة، وهما اليوبكتيريا (Eubacteria) والأركايا(*) (Archaea)، من ميكروبات فقط. وحتى الفرع الثالث، والمسمى يوكاريوت أو حقيقيات النوى (Eukaryotes)، والذي يعتبر النوع البشري مجـرد فرع حديث وصغير للغايـة منه، يحتوي على الكثير مـن الكائنات وحيدة الخلية (الشـكل 1). وتتمتـع الميكروبات بتنوع مدهـش في جيناتها وفي مواهبها الكيميائية الحيوية (biochemical). وفي الوقت الذي كانت تسـتولي فيه وحدها على الكوكب، استطاعت أن تتطور وترتقي بكل وسيلة يمكن تخيلها لصنع معاشها، بمـا في ذلك التقاط طاقة الشـمس من خلال عملية التمثيل الضوئي، واسـتخلاص الطاقـة من التفاعـلات الكيميائية المرتبطة بالكبريت في الأعـماق البعيدة التي لا تصلها الشـمس في المحيطات، وتعيش في مياه سـاخنة لدرجة أنها يمكن أن تسلق بيضة في ينابيع يلوسـتون الحـارّة(**)، وتجاهد في الحيـاة في صخور مدفونة على بعـد نحـو ميلين تحـت الأرض في منجم ذهب بجنـوب أفريقيـا[5]. وفتح ظهور الحيـاة متعددة الخلايا الطريـق أمام فرص جديدة للميكروبات، سـواء داخل أو عـلى المخلوقات المحدثة المتلكئة المتقاعسـة بدرجة غريبـة. والحق أنه، من دون الميكروبات، لن تسـتطيع بقرة أن تنمو بأكل الحشـائش، ولا يمكـن لنملة بيضاء أن تغزو الخشـب، ولن يستطيع إنسـان أن يعيش[6]، هذه الميكروبات التي تقوم بتجهيز طعامنا داخل بطوننا لنتمكن من هضمه والاستفادة منه.

(*) العتائق، جمع عتيقة، خلية ليس لها نواة. [المترجمة].

(* *) تسـمى أيضا ينابيع ماموث، وتقع في متنزه يلوسـتون القومي الذي يمتد عبر ثلاث ولايات أمريكية: أيداهو، ومونتانا، ووايومنغ. [المحررة].



الشكل (1): شجرة الحياة، تظهر فروعها الثلاثة الأساسية، الأركايا Archaea، واليوبكتيريا Eubacteria، واليوكاريا Eucarya. (From 99% Ape)

هناك حدود لما يمكن أن يصل إليه حجم كائن وحيد الخلية. وأكبر بكتيريا معروفة هي المسماة «اللؤلؤة الكبريتية» sulfur pearl، والتي تعيش في قاع المحيط بالقرب من شاطئ ناميبيا وهي في حجم النقطة الموجودة في نهاية هذه العبارة[7]. وعندما تنشأ الكائنات عديدة الخلايا من سيرك البراغيث الأوّلي للكائنات الميكروبية الموهوبة، سوف يصبح من الممكن وجود كائنات أكبر ذات حياة أطول، ولكن هذه الكائنات لا تزال عبارة عن تآلفات من خلايا دقيقة. غنت ليزا مانيللي «الحياة ملهى، أيها الرفيق القديم»، لكنها ليست كذلك. الحياة سكن، يا صديقي القديم. ورغم ذلك، ولكي أكون منصفا، أتوقع أن فريد إيب Fred Ebb، الذي وضع كلمات الأغاني في الفيلم الموسيقي «ملهى» Cabaret، كان يمكن أن يلهث بلا جدوى وهو يحاول وضع كلمة «متعددة الخلايا» داخل أغنية يمكن أن تدر عليه أي نقود.

وليست الحياة نفسها هي الوحيدة التي تبدأ بخلية منفردة، ولكن حياة كل فرد منا تبدأ بهذه الطريقة أيضا - بخلية وحيدة هي البويضة المخصبة. وتنقسم الخلية، وينمو الجنين ويتطور بطريقة عالية التنسيق وشديدة الأمانة للتخطيط

الذي ورثته بأن تنتج تشـابها عائليا قويا بين الأبوين وذريتهما. ومن الأهمية البالغة لطـول العمـر أن تكون هذه الكائنـات متعددة الخلايا تحت حكم مشـترك لخلايا متعاونة. والجانب الإيجابي لكون الكائن متعدد الخلايا هو أنه يستطيع إصلاح نفسه باستخدام خلايا جديدة تحل محل الخلايا التالفة، أو البالية، أو المصابة. وهناك خلايا منيعة متخصصة تحارب الإصابة بالمرض عن طريق تمييز الكائنات المسببة للأمراض، وحصارهـا، ثم تدميرها. وهكذا، فإن الكائنات متعـددة الخلايا لديها وحدة إصلاح، قوة دفاع خلوية، وخدمة صحية، وكلها تساعد على إطالة الحياة.

وهنـاك جانب آخر يمكن اعتباره من سـلبيات أن يكون الكائن متعدد الخلايا، وهـو أنه لكي يحـدث النمو والإصلاح، لا بد من أن تحتفظ بعـض الخلايا بقدراتها المتوارثة على الانقسـام، ولكن إذا سُـمح لهـذه الخلايا المسـماة بالخلايا الجذعية بالتكاثـر على نحو خارج عن التحكم، فالنتيجـة هي الإصابة بالسرطان. والواقع أن ترك الانقسـام الخلوي ينشـق مجازفة تؤدي إلى تقصير مدة الحياة. يموت نحو رُبع الأمريكيـين من السرطان. والكائنات متعددة الخلايـا لديها آليات متعددة للتحكم في تكاثـر الخلايا ومنع حدوث السرطان، ولكن كل هـذه الآليات في النهاية تعتمد على نشاط الجينات التي تعمل كنقاط تحكم، أو كوابح لأي انقسام خلوي جامح.

ويبـدو الأمـر كأن كل كائن متعدد الخلايا هو سـيارة متوقفة على شـارع شـديد الانحدار ينتهي بغطسة قاتلة وحتمية في خليج سان فرانسيسكو. وهناك تدابير احتياطية متعددة تمنع وقوع هذه الكارثة. هناك أمر قضائي في سـان فرانسيسكو يصرح بأنك إذا أردت الوقوف بسيارتك في مثل هذا الشارع، فلا بد من أن تدير عجلات السيارة بطريقة كابحـة؛ ثم لا بد من أن تسـتخدم فرامل اليد، وأن تضع السـيارة في «وضع الوقوف»، باسـتخدام ناقل الحركة لإغلاق العجلات. الخلايا لديها أدوات توقفها عن التسـارع على نحو خارج عن التحكم أكثر مما لدى السـيارات، لكن حيث إن هناك مليارات كثيرة من الخلايا، كلها ناتجة عن انقسـام خلوي، فإن خطر السرطان بالنسـبة إلى الفرد أقرب إلى فرصة أن يظهر شـخص واحد جامح وسط ألف من سكان سان فرانسيسكو، التي تمتلئ بالسـيارات المتوازنة، على تلك الشوارع المتقلبة. ولا عجب إذن أن معظمنا سوف يكون لدينا أورام في أجسـامنا عندما نموت، حتى لو لم تكن هي السـبب المباشر للموت. نحن نقف في مواجهة الحسبة الرياضية المتسلطة لانقسام الخلايا.

أما مدى قوة تكاثر الخلايا السرطانية التي تنقسم بلا توقف، فهو أمر يمكن أن نصوره بخيط من الخلايا يُعرف باسم «هيلا» HeLa، وقد سُمي على اسم مريضة بالسرطان اسمها هينرييتا لاكس Henrietta Lacks، نشأت هذه الخلايا من نسيج عنق الرحم الخاص بها، والذي تسببت هذه الخلايا في سرطنته في أوائل خمسينيات القرن العشرين. وحتى اكتشاف «هيلا»، لم يكن العلماء قادرين على الاحتفاظ بخلايا الإنسان حية وتنقسم في مزرعة بالمعمل لأي مدة زمنية تُذكر. وبدا أن هناك حدودا متوارثة ومتأصلة لعدد المرات التي تنقسم فيها الخلايا المأخوذة من حيوان متعدد الخلايا قبل أن تتعطل وتتوقف، ولكن الخلايا المأخوذة من ورم هنرييتا لاكس كانت تتصرف كأنها لم تقرأ الكتاب المقرر - وعندما تتوافر لها الظروف المناسبة في المعمل، تظل تنقسم ثم تنقسم وتنقسم بلا توقف.

وسرعان ما أصبح خط خلايا هيلا أداة مهمة في علم البيولوجيا والدواء. بعد عام واحد من وفاة هنرييتا في 1951، استُخدمت خلاياها في اختبار اللقاح الجديد لشلل الأطفال، والذي أنقذ ملايين الأرواح بعد ذلك. وخلال سنوات قليلة، كانت خلايا هيلا المنتجة في المعامل تشحن كل أسبوع 20 ألف أنبوبة معملية، تحتوي على عدد كلي يُقدّر بنحو 6 تريليونات خلية. وأصبح خيط هيلا الخلوي منتشرا في كل مكان، وأصبح ينمو بسهولة بالغة، حتى أنه بدأ يلوث المزارع المعملية للخلايا الأخرى، كما أصبح سلوكه أشبه بسلوك الميكروب وليس كخط من الخلايا البشرية. والواقع أن العديد من علماء البيولوجيا التطورية قد اقترحوا تعريف هيلا باعتبارها نوع أحيائي جديد، حيث إن لها وجودا مستقلا[8]. بل قد صدر كتاب من أفضل الكتب مبيعا يروي قصة وسيرة حياة خلايا هيلا: The Immortal Life of Henrietta Lacks (حياة هنرييتا لاكس الخالدة) تأليف ربيكا سكلوت Rebecca Skloot[9].

ليست هيلا الوحيدة بين خلايا الأورام التي تنزع عنها قيود الحياة تعددية الخلايا وتنطلق كالمتشردين، متحررة من كل القواعد التي تحكم الحياة في مجمّع الحياة المشتركة. هناك مرض تناسلي في الكلاب ينتج عن خلايا ناقلة للعدوى تشكل زوائد شبيهة بالأورام على أعضاء التناسل للحيوانات المصابة. والمرض موجود في العالم كله، تصاب به جميع سلالات الكلاب، بل قد وجد أيضا بين الثعالب، ولكن كل الإصابات فيما يبدو جاءت من الخط الخلوي نفسه، والذي جاء من أصل

واحد[10]. ولحسن الحظ، هذه الأورام الكلبية التناسلية تتراجع في خلال أشهر قليلة، ربما بسبب هجوم الجهاز المناعي للكلب المصاب عليها، حيث يرفض النسيج الغريب، بالضبط كما يحدث في البشر رفض الأعضاء المنزرعة إن لم تؤخذ عقاقير لتثبيط الجهاز المناعي.

والجهاز المناعي immune system هو أحد الدفاعات الرئيسية لدى الحيوانات متعددة الخلايا ضد العدوى، ولكن الخلايا المناعية تتطلب بصمة جينية genetic signature لكي تتمكن من تمييز الأصدقاء - أي السكان الآخرين في مجمّع الحياة المشتركة - من الأعداء. وفي المخلوقات ذات الجينات القابلة للتغيير مثلنا، لكل فرد بصمته الجينية الخاصة (رغم أن هناك تماثلات كثيرة بين ذوي القرابة القريبة)، ويعمل الجهاز المناعي جيدا. ولكن، في المجموعات التي يتزايد بينها التزاوج الداخلي، يتناقص التنوع الجيني كثيرا، وهذا الأمر يمكن أن يفتح الباب لخلايا الأورام الشريدة. في 1996، ظهر فجأة مرض جديد بين الحيوان المسمى «شيطان تاسمانيا»، وهو حيوان جرابي آكل للحوم لم يعد باقيا منه إلا الأفراد الموجودة على جزيرة تاسمانيا. هذا المرض يتسبب في ظهور أورام على وجوه الحيوانات المصابة وهو مرض قاتل دائما. ومن المثير للدهشة أن الباحثين اكتشفوا أن الخلايا المأخوذة من أورام لأفراد مختلفة من هذا الحيوان متشابهة بدرجة عجيبة للغاية، مما يوحي بأن الأورام لم تنشأ مستقلة عن خلية خبيثة متشردة في كل حيوان، كما يحدث مع معظم أنواع الخلايا السرطانية، ولكنها انتقلت من حيوان إلى آخر عن طريق اتصال الخطم أثناء المعارك[11]. والواقع أن أفراد الأنواع النادرة التي تعيش في الجزر مثل شيطان تاسمانيا، هي غالبا مجموعات عالية التزاوج الداخلي بين أفرادها، وربما هذا هو السبب في أن هذا النوع، المسجل حاليا كحيوان مهدد بالانقراض بسبب هذا المرض[12]، سريع التأثر عند تعرضه لخلايا الورم الشاردة. وربما يكون شيطان تاسمانيا قد دخل في المرحلة التي يسميها البيولوجيون المهتمون بالحفاظ على البيئة «دوامة الانقراض»، حيث يؤدي حجم السكان الصغير إلى التزاوج الداخلي، والتزاوج الداخلي يعرض الأفراد للأمراض، مما يؤدي إلى مزيد من تناقص حجم الجماعة حتى يصبح حجم الجماعة ضئيلا للغاية بحيث يكون القضاء التام عليها مسألة معرضة للمصادفة.

والسرطان، بكل أشــكاله، تذكرة غاشــمة بأن الحياة الطويلة إنجاز خطر لا بد من حمايته ضد القوى المتهورة لانقســام الخلايا السريــع. خطر السرطان هو ثمن تعدد الخلايا في الحيوانات، التعدد الذي بفضله تصبح الحياة أطول. ما الذي يجعل الخلايا خبيثة مجنونة؟ يكمن مصدر المشــكلة في الأساس في التغيرات العفوية التي تحــدث في الشــفرة الجينية المكتوبة عــلى الحمض النووي (الدنــا DNA)، الذي يتحكم في طريقة عمل الجين. هذه التغيرات تُســمى طفرات جســدية. في كل مرة تنقســم الخلية، يُنســخ الحمض النــووي، ومن ثمّ فإن كل خليــة جديدة تحتوي نســختها الخاصة من الشــفرة. ونادرا ما تحدث أخطاء في النقــل، ولكنها تحدث، فحتى الحدث النادر يمكن أن يصبح محتما لو أعطيته العدد الكافي من الفرص. إن الخلايا الموجودة في البطانة السطحية للأمعاء يجري استبدالها مرتين في مدى أسبوع واحد، عن طريق انقســام الخلايا[13]. ولا يكفي تحول جســدي واحد لإطلاق خلية من عقالها وخروجها عن القيود التي تحكم انقســام الخلايا، ولكنه يمكن أن يؤدي إلى نحول «كابل الكابح»، مما يجعل ســلائل هذه الخلايا تنطلق على الطريق نحو السرطان في النهاية. وعند ســن 60، تكون بعض الخلايا الجذعية في أمعائك، والتي تمد بالخلايا البديلة، قد انقســمت 3 آلاف مرة. فــإذا ضربنا هذا الرقم في عشرات الملايين من الخلايا الجذعية في الأمعاء، وإذا لم يتم التحكم التام في الطفرات بشكل ما، فســتتراكم لدى بعض الناس عند بلوغهم سن الســتين مئات الطفرات. فكيف إذن يمكن لأي إنسان أن يتخطى سن الستين؟

وعــلى رغم أن السرطان من الآثار الجانبية لتعدد الخلايا في الحيوانات، لكنه لا يحــدد طول حياة الأنواع الأحيائية المختلفة، وهذا لغز آخر. عندما نقارن معدلات المــوت بســبب السرطان، نجد أنها لا تختلف كثيرا بالقــدر الذي يمكن أن نتوقعه. وعــلى ســبيل المثال، يقتــل السرطان 20 في المائــة من الــكلاب، و18 في المائة من الحــوت الأبيض، وكما لاحظنا من قبل، 25 في المائة من البشر في الولايات المتحدة. هذا التنوع البســيط بين الأنــواع عجيب، إذ يبدو أن معــدلات السرطان لا علاقة لها ســواء بطول حياة الأنــواع المختلفة - من نحو 10 ســنوات في الكلاب، إلى 40 ســنة بالنسبة إلى الحوت الأبيض، وإلى نحو 80 سنة بالنسبة إلى البشر - أو بحجم الحيوان (فالحوت الأبيض يمكن أن يصل وزنه إلى طن ونصف الطن). كان يجب أن

تزداد معدلات السرطان مع زيادة الحجم وطول العمر، لأن كلا الأمرين يؤديان إلى تعريض الحيوان لخطر أكبر من الطفرات الجسدية التي تتسبب في خروج الخلايا عن التحكم في الانقسام. فالحجم الأكبر يزيد هذا الخطر لأن الحيوانات الأكبر لديها خلايا أكثر من الحيوانات الأصغر. والحياة الأطول تزيد من الخطر لأنها تتطلب استبدال أكثر للخلايا عن طريق الانقسام الخلوي. ولهذا كان ينبغي أن يؤدي كل من السن الأكبر والحجم الأكبر إلى خطر أكبر من أن تتحول ولو خلية واحدة إلى خلية سرطانية، مع احتمالية الوصول إلى نتائج قاتلة.

ودعونا نقم بالعملية الحسابية بطريقة عكسية لنختبر هذه الحجة. سجلت الجمعية الأمريكية للسرطان أن نسبة الإصابة بسرطان القولون في الإنسان البالغ 90 عاما هي 5.3[14]. والفئران لديها خلايا أقل من الإنسان بألف مرة تقريبا، وهذا قد يعني أنها حتى لو عاشت 90 عاما (ثلاثون ضعفا على الأقل من طول حياتها الفعلي)، فإن فرصة موتها من سرطان القولون لا بد من أن تكون أقل ألف مرة من الإنسان البالغ 90 عاما، أو بنسبة دقيقة جدا 0.0053 في المائة. أما الحوت الأزرق، من الناحية الأخرى، والذي يبلغ حجمه وعدد خلاياه ألف مرة حجم وعدد خلايا الإنسان، فلا بد من أن يكون المعدل لديه ألف ضعف الإصابة بسرطان القولون عند سن 90 - وهو معدل مرتفع للغاية، في الواقع، حتى إنه عند الوصول إلى سن 80 عاما سوف تكون كل الحيتان الزرقاء قد ماتت. لكن الحوت الأزرق، أكبر حيوان على هذا الكوكب، ليس هو المركب الهائل العائم المليء بالأورام السرطانية التي توحي مثل هذه الحسابات بحتميتها. وأما بالنسبة إلى الفئران، فإن أخصائي علم الأوبئة السرطانية ذائع الصيت، ريتشارد بيتو Richard Peto، قدم ملحوظة في مقال نُشر العام 1975، تحت عنوان «السرطان والتقدم في السن عند الفئران والإنسان»، قائلا إن «معظم الأنواع الحية تعاني من بعض السرطان في كبر السن، سواء كان كبر السن يحدث عند 80 أسبوعا أو 80 عاما»[15]. هذه الملحوظة تُسمى حاليا «مفارقة بيتو» Peto's paradox.

تنطوي مفارقة بيتو على مضمون واضح وهو أن الأنواع التي تعيش حياة أطول لديها حماية أفضل، بشكل ما، عن تلك التي تعيش حياة أقصر، وبالمثل، فإن الأنواع الأكبر حجما تتمتع بحماية أفضل من الأنواع الأصغر حجما[16]. ذلك

أنه، لو كانت معدلات السرطان تزداد بالحجم والعمر مع تطور الأنواع الحية، فلن يستطيع أي حيوان أن يعيش وقتا أطول من حياة الفأر، وما كان الحوت مقوس الرأس ليتمكن أبدا من أن يضرب الرقم القياسي لطول الحياة بين الفقاريات إلى 200 سنة[17]. وهناك وسيلة واحدة لتفسير مفارقة بيتو: إن التطور يمكن أن يقوم بتعديل القابلية للتأثر بالسرطان. هذه النتيجة مدعومة حاليا بالدليل على أن الجينات التي تحمينا من السرطان تتعلق أيضا بطول الحياة[18]. إن مفارقة بيتو أكثر من مجرد حب استطلاع للبيولوجيا المقارنة؛ إنها مؤشر يدلنا على المكان الذي ينبغي أن نبحث فيه عن إجراءات فعالة مضادة للسرطان في عالم الحيوان. وربما كانت الرسالة المخبأة في الأرضية العظيمة لدير وستمنستر صحيحة، وأن سر طول الحياة يكمن في وحوش البحر الهائلة.

والآن بعد أن أصبحنا في مملكة المخلوقات متعددة الخلية، دعونا نستكشف كيف يتنوع طول الحياة بين الأنواع الحية ونحاول أن نعرف لماذا يحدث ذلك. هل أنت بحاجة لأن تكون كبير الحجم كي تعيش حياة أطول؟ لقد رأى أرسطو بوضوح العلاقة بين الحجم ومدة الحياة في عالم الحيوان منذ ما يزيد على ألفي عام، ولكن هل الحجم سبب أم نتيجة - ربما بالمصادفة البحتة - للحياة الطويلة؟ يمكن أن يكون الحجم الكبير سببا مباشرا لطول العمر لو كان كبر الحجم يحمي الحيوان من الكائنات المفترسة التي ترغب في جعله طعاما لها، أو إن كان ذلك يساعد الحيوان على احتمال الشتاءات الباردة. ومن الناحية الأخرى، النمو إلى حجم كبير يستغرق وقتا، وإذا كان الحجم الكبير يقدم مميزات أخرى لا علاقة لها بالبقاء، مثل نجاح أكبر في عملية التكاثر، فإنه بذلك يقدم سببا عرضيا لوجود ارتباط بين طول العمر والحجم.

ومن الممكن بالطبع أيضا أن تكون ثمة أسباب مباشرة وأخرى غير مباشرة تربط بين الحجم وطول العمر. ومن المحتمل أن هذا هو ما يحدث بالنسبة إلى الرخويات ذات الصدفة الثنائية (المحار وبلح البحر والمحار الملزمي)، والتي تستمر في النمو طوال حياتها. وبينما تستمر الصدفة في اكتساب مزيد من الحجم والكثافة، تتحسن حماية الحيوان داخلها أكثر وأكثر، الأمر الذي من المحتمل أن يؤدي إلى حياة طويلة للغاية. وتتكون على الصدفة حلقات نمو تشير إلى العمر، مثل حلقات النمو في

جذوع الأشــجار، وقد أدت تلك الحلقات أخيرا لاكتشــاف أن ثنائيات الصدفة هي من أطول الحيوانات عمرا على سطح الكوكب، حتى إنها تنافس - بل حتى تتفوق على - الحوت مقوس الرأس والســلاحف العملاقــة[19]. والمحار اللزج، الذي يعيش في المياه الســاحلية لولاية واشــنطن وكذلك في كولومبيا البريطانية، قد يبلغ عمره 169 سنة، وتفوقت أصداف اللؤلؤ التي تعيش في المياه العذبة على ذلك، إذ بلغت 190 سنة، ولكن سلف كل هذه الأنواع هو نوع من محار المحيط الموجود في مياه سواحل أيسلندا، وقد بلغ 405 سنوات.

ولا نعرف كيف توصل أرسطو إلى نتيجة أن الحيوانات الأكبر تعيش عمرا أطول مــن الحيوانات الأصغر. لقد كان يقوم بأعــمال ميدانية في علم الحيوان في بحيرة ضحلــة على جزيرة لســبوس اليونانية، حيث قام بتشريــح العديد من الحيوانات البحرية. ولكن، من دون اســتخدام عدسات أو ميكروسكوب، من المحتمل أنه لم يكن يســتطيع أن يقرر عمر الأســماك بالطريقة التي يتبعها علماء الحيوانات في العصر الحديث باســتخدام دوائر النمو في قشــور الأســماك. وربما لاحظ أن أنواع الســمك الصغيرة تتكاثر في ســن أصغر من الكبيرة. وأقصى درجة في هذا الاتجاه، والتي لم تكتشف إلا حديثا في الحيد المرجاني العظيم بأستراليا، هي سمكة تسمى «الطفل القوي» stout infantfish، والتي تتكاثر عندما يكون حجمها رُبع بوصة، وتموت بعد شــهرين، لا غير، بينما الأســماك الأخرى لا تزال «يافعة» في المهد[20]. وأغلــب الظن أن أرســطو اعتمد على معرفتــه بالحيوانات المحليــة مثل الكلاب والماعز والجياد.

ومــن الصعوبة بمكان الحصول على بيانات موثــوق بها حول مدى طول حياة الأنواع البرية المختلفة، وحديثا فقط أصبح من الممكن عمل مقارنة دقيقة بين طول حياة العديد من الأنواع الحية. تأتي بعض البيانات من حدائق الحيوان، ولكن هذه المعلومات يمكن أن تكون منحازة إلى أعلى بسبب الحماية من الأخطار التي تتعرض لها الأنواع الحية عادة في البرية، أو إلى أسفل نتيجة الأحوال الرديئة في الأسر. وفضلا عن هــذا، فإن عدد الأفراد من أي نوع في معظم حدائق الحيوان صغير، مما يقلل أيضا من دقة التقديرات. وأفضل تقديرات تأتي من الدراسات الميدانية التي تمسك بالحيوانات، وتضع علامة عليها، ثم تتركها، وفيما بعد، تمسك مرة أخرى بالحيوانات

نفسها، وتظل تفعل ذلك على مدى فترات طويلة. وقد جُمعت بيانات جيدة حول جميع أنواع الفقاريات بهذه الطريقة.

أظهـرت المقارنات التي أجريت حـول مئات الأنواع مـن الثدييات، والطيور، والزواحف أن أرسـطو كان على حق حول ارتباط الحجم بطول العمر، ولكن فقط بالمعنى العام للغاية. وعلى سـبيل المثال، بين الثدييـات، صحيح أن الأنواع الكبيرة تعيش حياة أطول من الأنواع الأصغر بشـكل عام، ولكن هناك الكثير من الشـذوذ عن القاعدة[21]. فالجرابيات (حيوان الأبوسـوم، والكنغـر، وأقاربهما) تعيش حياة أقصر، بالنسـبة إلى حجمها، من الحيوانات المشيمية، بينما على الطرف الآخر، نجد أن الرئيسـيات، وهي رتبة الحيوانات الثديية التي ننتمي إليها، تعيش حياة أطول من الثدييات من الحجم نفسه في رتب أخرى. كذلك تعيش الخفافيش عمرا أطول مـن بعض الثدييات التي لا تطير مثل القوارض. والوطواط الصغير المعروف باسـم بيبيسـتريل pipistrelle، يزن البالغ منه أقل من خُمْس أوقية، ولكن من المعروف أنه يعيش 16 سـنة في البرية، بينما يزن فأر المنزل أربع مرات مثل هذا الوزن، ولا يعيش أكثر من رُبْع هذا العمر (4 سنوات) على أكثر تقدير[22].

وهناك استثناءات بين القوارض أيضا. فأر الخُلْد العاري مخلوق استثنائي يعيش في جحور تحت الأرض في جماعات عائلية تحكمها ملكة، وتعتني عاملات لا تتكاثر بهـذه الملكة، تماما مثل ملـكات النحل في الخلية. ولا يزيد حجم فأر الخلد العاري عن حجم فأر كبير، ولكنه يمكن أن يعيش 28 سـنة[23]. وهذا العُمر مثير للدهشـة بالنسـبة إلى مثـل هذا القارض الصغير. تخيل أن تشـتري لابنتـك الصغيرة في عيد ميلادهـا الخامس حيوانا قارضا مثل الهامسـتر ليكون أليفـا. وعليها أن تعتني به حتـى تصبح في الثلاثـين. إن صدمة موت هذا الحيوان الـذي رافقها طوال عمرها قد «تقطع خلفها»، والنتيجـة حرمانك من الأحفاد. وطول حياة فأر الخُلْد العاري يسـتحق الذكر على وجه الخصوص لأن القوارض كمجموعة ليست طويلة العمر. فأكـبر حيوان من القـوارض، وهو الكابيبـارا أو خنزير الماء، يصـل وزنه إلى 110 أوقيات، ولكنه يعيش فقط نحو 10 سنوات في الطبيعة.

وتتمتع الطيور، مثل الخفافيش، بحيوات طويلة على نحو غير معتاد بالنسـبة إلى حجمهـا، فتعيش نحو 50 في المائة أطول مـن معدل حياة الحيوان الثديي من

الحجـــم نفســه[24]. وربما تعيش الفقاريات التي تســتطيع الطيران، ســواء أكانت طيــورا أم خفافيش، عمرا أطول لأن الطيران يســاعدها عــلى النجاة من الافتراس. وبالطبع، هنا أيضا تنوع كبير بين الطيور في مدى طول العمر، وكثير من هذا التنوع يرتبــط بالحجم، ولكن ليس كله بأي حال. أطول الطيور عمرا هي طيور البشروش (الفلامينغو)، وتليها بمسافة غير بعيدة الببغاوات، ثم تأتي بعد ذلك في المرتبة الثالثة، ومتقاربة منها، جماعة طيور البحر التي ينتمي إليها طائر النوء وطائر الباتروس أو القطرس[25]. وليس من المثير للدهشة أن العصفوريات أو الطيور الجاثمة (الجواثم) مثل السمنة والعصفور الدوري، والتي تنتمي إلى رتبة العصفوريات، قصيرة العمر، بسبب صغر حجمها، ولكن داخل هذه المجموعة نجد أن الغربان مستثناة، حيث تعيش 17 سنة أو أكثر في المعدل. ومن المعروف أن الغربان تصنع أدوات للوصول إلى الطعام[26]، وبســبب ذكائها، ونظامها الاجتماعي، وطول عمرها، من الممكن أن تُسمى «الرئيسات» بين مجموعة العصفوريات.

عــلى مدى عقود كان اختصاصيو الشــيخوخة (Gerontologists) ينشــغلون انشغالا كبيرا بالتحديق في سُرّة البطن المتجعدة للجنس البشري، وهم حاليا يبدون اهتمامــا متزايدا بما يجعل فأر الخُلد العاري ومحار المحيط وغيرهما من الســكان الاســتثنائيين في معرض كائنات متوشــالح(*) تعيش كل هذا الوقت الطويل[27]. أما نحن، باعتبارنا من الرئيســيات، فنعيش أطول كثيرا من حياة الثدييات في المتوسط، وبالنســبة إلى كوننا من الرئيسيات، فقد تمتعنا بكرم بالغ بالسنوات، ولكن كم من العمر يمكن أن يعيش الإنسان؟ ليس من السهل الوصول إلى إجابة لهذا السؤال كما قد تظن. فالرخويات ثنائية الصدفة، على الأقل، لا تروي لنا حكايات.

وأكبر شخص مدفون في دير وستمنستر هو توماس بار Thomas Parr، إذا كنا نصدق ما كتب على الشاهد التذكاري الخاص به. توماس بار، أو «بار العجوز»، وهو الاسم الذي عُرف به، حيث قيل إنه بلغ 152 سنة عند وفاته في العام 1635[28]. في القرن الســابع عشر، كما هو الحال الآن، كان هناك أولئك الذين يشعرون بسعادة بالغة لاســتغلال شهرة شخص آخر لغاياتهم الخاصة. ارتفعت شهرة بار العجوز إلى عنان الســماء ثم انطفــأت فجأة في خلال عام واحــد. في 1635، عندما كان أعمى

(*) في التوراة، متوشالح الصالح، ابن إدريس وجد نوح، هو أطول الرجال عمرا. فقد عاش 969 سنة. [المحررة].

وفاقد الأسنان وكل شيء، لفت بار انتباه توماس هاوارد Thomas Howard، الإيرل الرابع عشر لأروندل Arundel. كان الإيرل يهوى جمع القطع الأثرية من كل الأنواع، وقد أرسل لحمل بار من مسقط رأسه بمقاطعة شروبشاير Shropshire، في نقالة كتلك المستخدمة للمرضى، وقوبل بار بحشود المعجبين طوال الطريق وهو يتقدم في كل مرحلة من مراحل الطريق إلى لندن، حيث عُرض بار وقُدِّم إلى الملك.

وانتهازا للفرصة التي قدمها وصول هذا الشخص الشهير، نشر شاعر يسمى جون تيلور John Taylor قصيدة تروي قصة حياته شعرا، وجعل عنوانها: The Old, Old, Very Old Man (الرجل العجوز جدا، جدا، جدا)[29]، من دون أن يترك لقرائه أي فرصة للتشكك حول موضوع قصيدته. ولم ينس تيلور الإشارة إلى تفاصيل سوف يعجب بها قراؤه بكل تأكيد، مثل فجور بار العجوز وهو في سن الـ 105 سنة مع «الجميلة كاثرين ميلتون»،

التي كان جمالها المتوهج قد أثار
حرارة مشاعر العجوز توماس بار

ويروي لنا تيلور أنه، حتى بعد 47 سنة من ذلك الحدث، عندما ظهر في لندن، كان بار العجوز يمتلك معظم قواه وقدراته:

سوف يتحدث بحماس، ويضحك، ويظهر المرح؛
يشرب البيرة، وبين حين وآخر كأسا من الشيري؛
يحب الصحبة، والحديث المتفهم.
وسوف يسير أحيانا (مع مساندة من الجانبين).
.....
وهكذا (بقدر ما استطاع خيالي الضعيف البليد)،
قمت بتشريح صورة مفصلة لهذا العجوز المسكين.

وما كان من الممكن أن ينتهي الأمر على خير، فقد تسببت حياة الرفاهية الثرية في لندن، أو ما في المدينة من تلوث، في قتل بار العجوز قبل أن ينتهي العام. وحيث جرى تشريحه في حياته على يد جون تيلور، فقد جرى تشريحه أيضا في مماته على يد أشهر جراح في ذلك العصر، جون هارفي John Harvey، مكتشف الدورة الدموية.

مــن يســتطيع أن يقاوم قصة جيدة؟ أعيــدت طباعة قصة جون تيلور عن ســيرة حيــاة توماس بــار مرات ومرات، ودخل بطلها الأدب الشــعبي. وبعــد قرنين تعرضت القصة لمزيد من الزخرفة في كتيب جديد تحت عنوان The Extraordinary Life and Times of Thomas Parr (الحيــاة والأوقــات العجيبة والزمن المدهش لتوماس بار). وزعم هذا الكتيب أن وصية بار العجوز الأخيرة، وشهادته قد اكتشفت أخيرا فقط وأنها تحتوي على سر عمره الطويل: إنه مزيج مطبوخ من الأعشــاب يمكن شراؤه على شكل «حبوب حيــاة بار للصحة والقوة والجمال». وظل الإعلان عن هذه الحبوب مســتمرا حتى العام 1906.

كان فلاسفة القرن السابع عشر مهتمين كثيرا باكتشاف كيف يمكن إطالة الحياة. فجأة أصبح الفيلســوف الفرنسي رينيه ديكارت (1597 - 1650) René Descartes شــديد الانشغال بإطالة الحياة وهو في الحادية والأربعين من عمره، عندما لاحظ أن شــعره قد بدأ يتحول إلى اللون الرمادي. إن العقل البشري يعاني صعوبات هائلة في فهــم فنائه هو ذاته، مهما قال لنا العلم والوعي العام حول الموضوع. وعلى رغم أن ديكارت أقنع نفســه بأن من الممكن أن يعيــش بقدر ما عاش الآباء الكبار في العهد القديم للكتاب المقدس، وأعطى الآخرين انطباعا بأنه عاقد العزم على أن يفعل ذلك، فقد مات بالالتهاب الرئوي في ســن الثالثة والخمسين. وعلقت صحيفة غير متعاطفة في ذلك الوقت قائلة «مات أحمق كان يزعم أنه يستطيع أن يعيش بقدر ما يشاء».

لسوء الحظ، كما حدث مع رينيه ديكارت، لم تساعد أبحاث الفلاسفة الطبيعيين في القرن الســابع عشر، المهتمة بإطالة الحياة، على إطالة حياة أي منهم بالمثل. فرانسيس بيكون (1561 - 1626) Francis Bacon، والذي ندين له بمقولة «المعرفة قوة»، كتب History of Life and Death-the Prolonging of Life (تاريــخ الحيــاة والموت - إطالة الحياة)، وفيه ســجل أســماء الأشخاص الذين عاشوا إلى سن متقدمة جدا، وكتب توصيات لكيف يمكن أن نفعل مثلهم[30]. ومات هو نفسه عند الخامسة والستين، ربما ضحية داء الرئة أيضا، بعد أن أصيب بالبرد أثناء تجربة مرتجلة لمعرفة هل حشو هيكل دجاجة بالثلج قد يحفظه من التحلل. وللمصادفة، كان على حق طبعا، وبعد نحو 200 سنة تقريبا استطاع كليرنس بيردساي (1886 - 1956) Clarence Birdseye أن يكسب ثروة من تسجيل اختراع للتجميد السريع للطعام.

كان روبرت هوك (1703 - 1635) Robert Hooke مثقفا موسوعيا، وقد سك مصطلح «خلية» لتلك الحجرات الدقيقة التي رسمها في كتابه الرائد عن الملاحظات التي توصل إليها باستخدام الميكروسكوب. وقد كان له تفسير عبقري، وإن كان معيبا، للسبب الذي أدى لأن يبدو أن أحدا لم يعد يصل إلى تلك الأعمار المتطرفة التي سُجلت في العهد القديم[31]. اقترح هوك أن تلك الأعمار التي وصل إليها آدم (930 سنة)، ومتوشالح (969 سنة)، أو حتى أصغرهم، إبراهيم (175 سنة)، قيست بسنوات أصغر من الآن، لأن رحلة الأرض حول الشمس تباطأت بسبب الاحتكاك عن سرعتها في الزمن الذي يحكي عنه الكتاب المقدس، مما جعل السنة أطول. وبالتالي، فإن هؤلاء الآباء الأوائل لم يتمتعوا بأعمار أطول إلا ظاهريا، لأن تلك الأعمار قيست بسنوات أقصر.

ولا توجد حالة موثقة لأي إنسان يعيش مثل هذا العمر، 152 سنة، ومن ثمّ فعلينا أن نأخذ زعم بار العجوز باعتباره ينطوي على كثير من المبالغة، ولكنه حظي بالتميز النبيل المؤكد بأن يكون العامل المزارع الوحيد الذي يُدفن بين الأغنياء والمشهورين في دير وستمنستر. والحق أن حياة المزارعين منذ 400 عام كانت بطبيعتها قصيرة على نحو ظالم وقاس. وحتى اليوم، يعيش العاملون في مهن يدوية حياة أقصر من أولئك الذين يتمتعون بمكانة اجتماعية أعلى. ولكن إذن، الأكثر غرابة، أن هناك مزاعم بأن أطول الناس عمرا في العالم نجدهم في المجتمعات الريفية الفقيرة، يعيشون حياة صعبة في أماكن بعيدة. وكأن الجنة الضائعة في حديقة عدن هي لمن يبحث عنها في المنطقة الجبلية الشاهقة شانغري-لا(*)، حيث ينهزم التقدم في السن أمام الكدح الدائب، والحياة المتواضعة.

كتب الخالد د. سوس، من بين العديد من كتبه للأطفال، كتابا واحدا للكبار بعنوان You Are Only Old Once (إنك تصبح متقدما في العمر مرة واحدة فقط)، وفي هذا الكتاب قارن بين الحالة المؤسفة لكبار السن في الأماكن العادية، بحالتهم في شانغري-لا، الجنة التي صنعها خياله:

(*) شانغري-لا Shangri-La: مكان خيالي أشبه بجنة غامضة معزولة، وصفه المؤلف الإنجليزي جيمس هيلتون James Hilton في رواية نشرت في العام 1933 بعنوان «الأفق المفقود» Lost Horizon. وقد أصبح هذا الاسم رمزا لأي جنة أرضية، أو يوتوبيا أسطورية، حول أرض أهلها سعداء دائما، منعزلة عن العالم الخارجي. [المترجمة].

في مراعي الجبال الخضراء تلك في فورتا-في-زي
كل شخص يشعر بأنه في أحسن حال
عندما يبلغ مائة وثلاث سنوات
لأن الهواء الذي يتنفسونه
خالٍ من البوتاسيوم
ولأنهم يمضغون البندق
من شجرة كل شيء
والذي يمنح أسنانهم قوة
ويطيل شعرهم
ويعيشون من دون أطباء
لا يحتاجون لأي عناية[32].

ربما استلهم د. سوس «فورتا-في-زي» من القرية الجبلية فيلكابامبا في الإكوادور، والتي كان يُحتفل بها ذات يوم كأحد مواقع جنة «شـانغري-لا» في الإنديز، حيث كان يزدهـر من تخطـوا أكثر من مائة عـام supercentenarians (من وصلوا إلى 110 أو أكثر). تقول غريس هالسل، مؤلفة كتاب Los Viejos: Secrets of Long Life from the Sacred Valley (القدامى: أسرار طول العمر من الوادي المقدس)، تقول إنها ذهبت إلى فيلكابامبا، وسـألت سـكانها أن «يقبلوا أن أكون بينهم»[33]. وكانـوا في غاية الكرم وصنعوا معها جميلا بأكثر مـن طريقة. مانويل رامون، الذي قال إنه يبلغ 110 سنوات، كان يتسلق الجبال بمهارة الماعز؛ وميكايلا كويزادا كانت تتشدق بأنهـا لا تزال عذراء في سـن 104؛ وزعم غابرييل إرازو أنه في سـن 132 وكأنمـا لا يزال في العشريـن. مثل هذه المزاعم جعلت من قريـة فيلكابامبا، لفترة مـن الزمن، مقصدا يحج إليه الباحثون في الطب وغير ذلك ممن يدرسـون التقدم في السـن. ولكن، في النهاية، تسـجل الوثيقة التي كان يُعتقد في البداية أنها تدعم مزاعم الحياة لسن متطرفة في فيلكابامبا، أنها لم تكن مزاعم وإنما أماني[34]. لم يصل أحد من العجائز حتى إلى مائة عام – والواقع أن معدل العمر كان 86. واكتشفت دراسـة لتوقعات الحياة والتي قارنت سكان فيلكابامبا بسكان بلدة قريبة منها أنه لا يوجد فرق بين الاثنتين، وكشـفت أن معدل القيمة العمرية كانت أقل بنحو من 15 إلى 30 في المائة من مثيلتها في الولايات المتحدة[35].

في كل مـكان من العـالم، في المناطق البعيدة المتطرفة من باكســتان، والصين، وأذربيجــان، تظهر منطقة بعــد الأخرى بصورة شــانغري-لا المفترضة، ويثبت أنها مجــرد خيال، مثل شــانجري-لا الأصلية نفســها، بُني على المبالغة والســذاجة[36]. وحديثــا جدا في اليونان، في العام 2010، اكتشــفت الحكومة أن 300 من بين 500 ممــن يتلقون إعانة مــن بلغوا من العمر عتيا كانوا في الواقــع موتى. وفي الولايات المتحدة، تأكد أن من سُجل أنهم تخطوا 110 سنوات عند الموت، في الواقع كان 25 في المائــة منهم فقط هم الذين تخطوا هذا العمر المتطرف. كان محرر موســوعة غينيس للأرقام القياســية العالمية، يدعو دائمــا للتحقيق في دعاوى العمر المتطرف، وكتــب يقول: «لا يوجد موضوع واحد يلفه الغموض الناتج عن التفاهة، والخداع، والتزييف، والتدليس المتعمد، مثل المبالغة المتطرفة في عمر الإنسان».

كل هــذا عن الخرافة، فماذا عن الواقع؟ في وقــت كتابتي لهذا الموضوع، كان أكبر شخص تم التأكد من عمره امرأة فرنسية هي جان كالمنت Jeanne Calment، والتي توفيت في العام 1997 عن عمر بلغ 122 سنة، و5 أشهر، وأسبوعين[37]. ولدت وعاشــت في بلدة آرل في جنوب فرنســا، حيث رســم فنسنت فان خوخ بعض أهم أعماله وأشــهرها، وقد التقت به عندما كانت في الثالثة عشرة من عمرها. أما أكبر رجل جرى التحقق من عمره فهو كريســتيان مورتنسن Christian Mortensen، وهو أمريكي دانماركي، توفي عن عمر 115 سنة في العام 1998. وهو واحد من رجلين فقط استطاعا الوصول إلى أعلى قائمة من 20 شخصا كانوا الأطول عمرا بين الناس.

معظم هؤلاء الأكبر بين الكبار أصبحوا واهنين على نحو مطرد بعد 105 سنوات، ولكــن ليس جان كالمنت. عندما كانت في التســعين من عمرهــا، وقعت عقدا مع محام وافق على أن يدفع لها مبلغا ســنويا بهــدف شراء بيتها بعد أن تموت. وظل يدفــع هذا المبلغ لمدة 30 ســنة، قبل أن يموت قبلها عنــد 77 عاما. وعندما بلغت جان سن الـ 110، انتقلت إلى بيت للعناية بالمسنين، ليس بسبب المرض، ولكن لأنها كادت أن تحــرق منزلها. في أحد أيام يناير البــاردة جدا، كانت المياه في الغلاية قد تجمدت تماما، فتســلقت جين على منضدة وحاولت إذابة الغلاية باستخدام شمعة موقدة، مما أشــعل النار في العازل. وعلى رغم أن جــان كانت مترددة في الانتقال، فلا بد من أنها رأت الجانب المضحك في الحدث، لأن الوصفة التي قدمتها للوصول

إلى حياة طويلة هي: «احتفظ دائما بقدرتك على الضحك. هذا هو ما أراه سببا في أنني عشت طويلا. وأعتقد أنني سأموت وأنا أضحك». وأحبت جان فكرة أن سنها المتقدمة جلبت لها الشهرة، وكانت تحب أن تمزح قائلة: «لم يكن لدي قط سوى تجعيدة واحدة، وأنا أجلس عليها».

ومن الجدير بالذكر أن التشابهات قليلة للغاية بين العجائز المتمتعين بصحة طيبة، ولكنها تشمل فيما يبدو حسا فكاهيا بالغ الحيوية. عندما حاول دان بويتنر، وهو صحافي يعمل لمؤسسة ناشيونال جيوغرافيك، أن يجري حديثا مع راعٍ في الحادية والتسعين من عمره يسمى سيباستيان من أجل مقال حول أسرار الصحة في السن المتقدم في سردينيا، قضى وقتا صعبا: «اقتربت منه، وافتتحت المناقشة بسؤاله عن عمره. فأجاب بابتسامة مازحة «ستة عشر». وفكرنا أن نتبسط في الحديث بشراء مشروب له، فسألناه إن كان يشرب. رد قائلا: «لا، طبيبي قال لي ألا أشرب - اللبن بالطبع»[38]. أظن أن عجائز فيلكابامبا ضحكوا جيدا على حساب من كانوا يستجوبونهم أيضا.

حسنا، يمكن أن يضحك هؤلاء العجائز كبار السن، لأنهم يضعوننا نحن البشر في الصحبة المنتقاة من الأنواع الاستثنائية الأخرى التي تعيش أطول من أقاربها المقربين، حتى الأكبر حجما منها. وفي متحف الأحياء طويلة العمر، فإن مكاننا هناك خلف زجاج العرض مباشرة مع الخفافيش وطائر الفلامينغو (البشروش)، وفأر الخلد الأعمى، والمحار الأيسلندي، والحوت مقوس الرأس، والمجند الأخير في معرض متوشالح هو: الأولم olm، السمندل الأعمى ذو الخياشيم الخارجية، والذي يطلق عليه «السمك الإنسان». هذا الحيوان، لا هو من الرئيسيات، ولا هو سمكة، هو في الواقع مجرد سمندل أعمى دقيق الحجم يزن ثلاثة أرباع الأوقية، موجود في كهوف أوروبا الشرقية. ومن المقدَّر أنه يعيش لأكثر من قرن، وهو رقم مريح لا يفوقه أي برمائي آخر، حتى تلك الأنواع الأكبر منه بمقدار ألف ضعف من حجمه[39].

في هذا الفصل، أثرت فضولك بالألغاز، وأسهبت في تقديم أكوام من الحقائق. وإليك مجمل ما نصل إليه من هذا كله. أولا، الحقيقة الغريبة أنه طوال 2.7 مليار سنة، بدا أن التطور والارتقاء راض تماما بعالم من الميكروبات، محروم من أي شيء متعدد الخلايا أو طويل العمر. وربما كان الطول الاستثنائي لهذا التأخير مجرد

مقياس لمدى الصعوبة التي لقيها التطور في الوصول إلى أي شيء أكبر أو أكثر تعقيدا، ولكن من المحتمل بالقدر نفسه أن الميزة التطورية الهائلة لقصر زمن الجيل أعطى الميكروبات مزية لا يمكن التغلب عليها. ونحن لا نزال نحاربها. وعندما ظهر الحكم المشـترك للخلايا المتعددة أخيرا، كانت الخلايـا التي تحتويها مجهزة وموجهة لمهام مختلفة، لتقدم وسـائل للنمو، والدفاع، وإصلاح التالـف، وبالطبع أهم شيء على الإطلاق، تكاثر الكائن الحي. هذا التقسـيم للعمل جعل من الممكن إطالة الحياة، ولكـن كان له ثمن. والثمن، في الحيوانات على الأقـل، هو خطر الإصابة بالسرطان الذي تتسـبب فيه خلايا متشردة خبيثة تتصرف كأنها ميكروبات طفيلية لها حياة خاصة بها، منفصلة عن المنظومة التي تعيش فيها.

وللوهلـة الأولى، يبـدو كأن الحجم الكبير والحياة المديـدة متلازمان. ذلك أن الحيوانات الكبيرة تتمتع بحماية أفضل ضد السرطان من الحيوانات الصغيرة، ولكن هناك الكثير من الاسـتثناءات للارتباط بين الحجم وطول العمر. وعلى سبيل المثال، يعيش فأر الخلد العاري والسـمندل الأعمى أطول من أقاربهما الأكبر حجما بكثير. وحتى نحن البشر نعيش أطول مما هو متوقع بالنسـبة إلى حجم أجسـادنا، وهو لغز سوف أعود إليه. وإذن، كم يمكن لنا أن نعيش بالضبط، كان موضوع مبالغات خيالية ومسـلية. لكن المؤكد هو تلك الحقيقة المؤسـفة أننا، سـواء بار العجوز أو الببغاء العجوز، سوف تتدهور صحتنا وقدراتنا بتقدم العمر.

3

بعد أصياف كثيرة: الشيخوخة

وبعد أصياف كثيرة تموت البجعة

ولا يبقى إلا أنا وحدي، تستهلكني

قسوة الخلود:

يصيبني الوهن وأذوي ببطء بين ذراعيك

هنا، حيث الحدود الحقيقية للعالم،

شبح أبيض الشعر يهيم شاردا كالحلم

ألفريد، لورد تنيسون، «تيتون»[1].

> «وفق أحد التقديرات، إذا استمرت الاتجاهات الحالية، فإنه من المتوقع أن يتمكن معظم الأطفال الذين ولدوا منذ العام 2000 في البلدان الغنية أن يعيشوا حتى المائة»

احذر ما تطلبه وتتمناه، فقد يستجيب القدر لأمنيتك. هذا موضوع متكرر في الأساطير اليونانية القديمة. ذات يوم كان يوجد إنسان فانٍ اسمه تيتون Tithonus، هامت به عشقا أورورا، ربة الفجر[2]. كانت لأورورا شهية شرهة للرجال الشباب، وكانت أيضا قد أغوت أخا تيتون، غانيميدس. ويبدو أن الآلهة اليونانية كانوا يشتركون مع البشر الفانين في كل نواحي ضعفهم، غير أنها مشاركة مضاعفة بدرجة

هائلة. عاشت تلك الآلهة حياة عربدة، تميزت بالغيرة والميل إلى الشجار والانتقام، كما كانت تميل إلى التصرفات عالية المخاطر التي يتميز بها أولئك الذين لا يخشون الموت. وكانوا يتشاجرون على وجه الخصوص حول من يختارونهم من الفانين. سرق زيوس، كبير الآلهة، غانيميدس من أورورا، وطلبت ربة الفجر تعويضا لها من زيوس أن يهب تيتون، حبيبها الباقي، حياة الخلود. وافق زيوس على الطلب، لكن أورورا سرعان ما ندمت على هذه الهبة، فبمرور السنوات بدأ تيتون يشيخ، ويتحول شعره إلى اللون الأبيض، ويتغضن جسده، ويتحول صوته إلى أنين مشروخ.

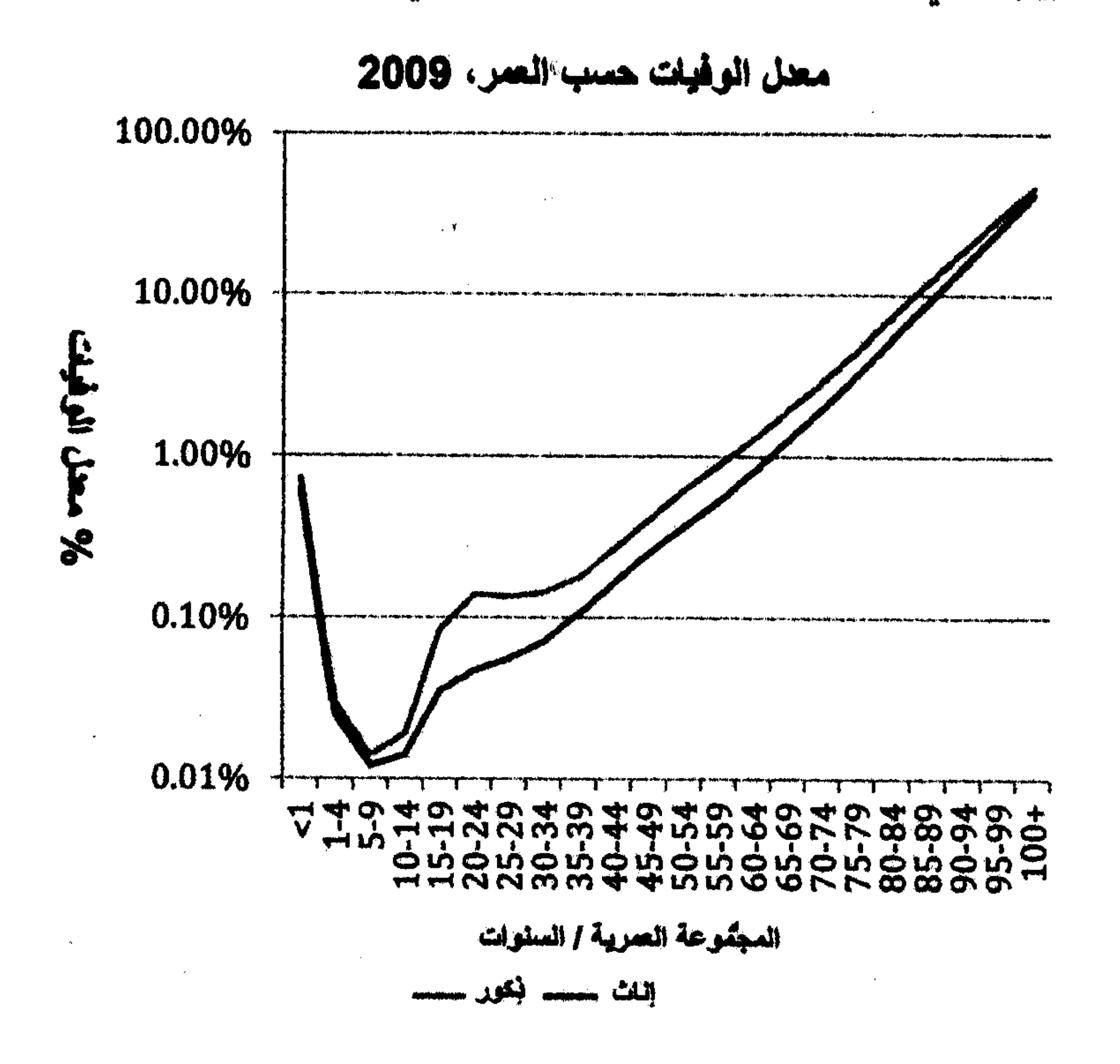
اكتشفت أورورا، بعد فوات الأوان، أن ما كان ينبغي أن تطلبه من زيوس هو أن يمنح حبيبها شبابا دائما، وليس حياة الخلود. مصير تيتون يذكرنا بالتمييز بين طول العمر والتقدم في السن. التقدم في السن، أو بتحديد أكبر، الشيخوخة، هو تدهور الوظائف البيولوجية خلال مُدّة الحياة. والشيخوخة تحدُّ من طول العمر لأنها تزيد من خطر الموت باطراد. ولا يمكن، إلا في الأساطير، الفصل بين الشيخوخة والفناء. تخيل الشاعر ألفريد، لورد تنيسون، تيتون الشيخ الهَرِم يتحسر شاكيا إلى حبيبته، يرجو التخلص من هبة الخلود الملعونة لكي يتمكن من اللحاق بـ «الرجال السعداء الذين لديهم القدرة على الموت».

فـإذا كنت تريد حياة طويلة، فالشيء الذي تتمناه هو امتداد لحياة صحية، وليس مجرد عمر أطول. والأفضل أن تسرع في ذلك أيضا، لأن الشيخوخة تبدأ في وقت مبكر جدا عما قد تظن. وقد اقترح أوغدن ناش Ogden Nash، الأمريكي خفيف الظل الذي كتب شعرا لكل مناسبة، قائلا:

تبدأ الشيخوخة[3]
وتنتهي مرحلة أواسط العمر
يوم يكون عدد نسلك
أكثر من عدد أصدقائك

لسوء الحظ، هذا القول ينطوي على تفاؤل مبالغ فيه، فالشيخوخة تبدأ قبل فترة طويلة من أواسط العمر، ربما بعد سن البلوغ مباشرة، عندما يصبح بإمكانك أن تنجب نسلا وأن تفكر في تأمين الحياة. وعلى الرغم من ذلك، من المؤكد أن أي

مراهــق يفكر في الموت أكثر مــما يفكر في الجنس ربما تكون حاجته إلى استشــارة طبيب نفسي أكثر إلحاحا من حاجته إلى مستشار مالي.



الشكل (2): معدل الوفيات حسب العمر بين سكان الولايات المتحدة العام 2009 (محسوب وفق احتمال الموت في هذا العمر، من منظمة الصحة العالمية)

يمكن تتبع بداية الشــيخوخة وتقدمها في أثنــاء حياة البالغين من خلال تأثيرها على معدل الوفيات، والذي يُحســب على نحو نموذجي كنســبة مئوية (الشكل 2). وعلى ســبيل المثــال، فإن احتمال وفاة ذكر أمريكي في الخمســين قبــل عيد ميلاده التالي يكون بنسبة 0.6 في المائة، وفقا لمعدّل الوفيات الذي قيس في العام 2009[4]. وكما ترى في الشــكل البيــاني، هناك ذروة لمعدل الموت بعــد الميلاد (معدل وفيات حديثي الولادة)، لكن المعدل ينزل بعدها ولا يعود إلى الصعود مرة أخرى حتى سن

15 سـنة. وبعد ذلـك يزداد خطر الموت مع العمـر في كل البشر، في معظم الأنواع الحيوانية بالتأكيد، بعد بلوغ سن التكاثر. إن سرعة زيادة معدل الوفيات مع العمر هي مؤشر الشيخوخة.

وعلى الرغم من أن هشاشة وأمراض الشيخوخة أمر جسدي وفردي فإن إجمالي تأثيرهـا على معدل الوفيات يحول الشـيخوخة إلى ظاهرة إحصائيـة أيضا. ليونارد هايفليـك، وهو باحث رائد متخصص في الهِرَم، قال مازحا «لقد ثبت الآن بما لا يدع مجالا للشـك أن الهرم هو أحد أهم أسـباب الإحصاءات»[5]، غير أنك إذا نقبت في تاريخ الموضوع فسوف تجد أن هذا في الواقع لا يبعد كثيرا عن الحقيقة. فالشيخوخة في الواقع كانت من الأسـباب الرائدة لتطور ميدان الإحصاءات، لكن ليس للأسباب التـي قد يفكر المرء فيها. إن إحصاءات معدل الوفيات اليوم أداة حيوية تسـتخدم في الطب المبني على البراهين؛ وعلى سـبيل المثال سـاعدت هـذه الإحصاءات على تحديد العلاقة بين التدخين وسرطان الرئة. غير أن الدراسات الأولى لمعدلات الوفيات والشـيخوخة تسبق مثل هذه الاسـتخدامات الطبية بمائتي عام. وقد أجريت هذه الدراسـات من أجل التمويل وليـس لأغراض طبية، وكان الباعـث عليها بالتحديد حقيقة أن الحياة هي عمل محفوف بالمخاطر. والقصة الكاملة تكشـف كيف جرى كشف وقياس الشيخوخة كظاهرة إحصائية لأول مرة.

كانت الكنيسـة، حتى عصر التنوير، تنظم كل ما هو مسـموح أو غير مسموح في كل نواحـي الحيـاة، بما في ذلك المجـال الاقتصادي. كان الربا مـن الخطايا التي تقع ضمن المحظورات الكنسـية، ويعرّف بأنه تقـاضي فائدة على إقراض النقود[6]. ولايزال مبدأ تحريم الربا موجودا في الشريعة الإسـلامية اليوم. وفي أوروبا في العصر الوسـيط كان الربا بغيضا في الكتاب المقدس، ومضادا للفلسـفة الأرسـطية، ويعتبر منافيا للطبيعة. ولأن الفائدة تتراكم بمرور الوقت، فقد أصبح يُنظر إلى أخذ الفائدة باعتباره نوعا من الكسـب ببيع الوقت نفسه، وهو أمر يختص بالإرادة الإلهية عن حق. وعلى الرغم من أن الكنيسـة ورجال الدين كانوا يتجاهلون هذا المبدأ الديني وقتما يناسـبهم، لم يكن الربـا مقبولا بين عوام الناس. لهـذا، كان على من يريدون العمل بتسليف النقود أن يجدوا وسيلة مربحة لا توقعهم في المتاعب مع الكنيسة. وقـام أحد الحلول المقبولة على فكرة أن المسـلِّف يمكن أن يُدفـع إليه شرعيا لأنه

يخاطر بأمواله. وهكذا، إذا كانت الفائدة على القرض غير محددة بشكل ما، فيمكن السماح بكسب النقود عن طريق التسليف.

ما هو الشيء الأكثر التباسا وغموضا من الحياة نفسها؟ من منا يعلم ساعة موته على أية حال؟ وهكذا اخترعت الرواتب السنوية(*). الراتب السنوي يمنحك سنويا قدرا من النقود طوال حياتك في مقابل مبلغ كبير تودعه لدى من يقدم خدمة الراتب السنوي عند بداية التعاقد. وتعتمد قيمة الراتب السنوي الذي تحصل عليه، على الكمية التي تستثمرها في البداية، وعلى مدى طول حياتك. ومن الواضح أنه كلما عشت أكثر تلقيت نقودا أكثر في المجموع، ومن ثمّ فإن المتعهد أو مقدّم هذه الخدمة يحرص على تنظيم معدل المبلغ السنوي في البداية ليضمن لنفسه فائدة. والراتب السنوي مخاطرة في حد ذاته، وربما يصل إلى نوع من المراهنة بين المستثمر ومقدم الخدمة حول مدى طول حياة الشخص، فإذا كانت حياة الشخص أقصر من المتوقع، يفوز مقدم الخدمة، ويعتمد الحصول على فائدة صافية على أن تكون لديه معلومات إحصائية دقيقة حول معدلات الوفاة بالنسبة إلى السكان المعنيين. ومثل هذه المعلومات تظهر في جداول الحياة، التي تُجمع من الكنائس أو غيرها من السجلات الخاصة بالسن عند الوفاة. وقد وضعت إحصّائيات الوفاة في جداول بهذه الطريقة، لأن أسباب الشيخوخة تؤدي إلى زيادة معدل الوفيات مع التقدم في السن. فإذا كانت المعلومات في جدول الحياة دقيقة ووضعت معدلات الرواتب السنوية وفقا لها فإن مقدم هذه الخدمة يكون في وضع من يمتلك أحد نوادي القمار: الحصول على فائدة صافية كبيرة هو أمر مضمون.

لا بد أن أحدا حذر الشاعر والمحامي الأسكتلندي جورج أوترام George Outram (1856-1805) من أن الراتب السنوي يعتبر رهانا وليس أمرا مضمونا. وقد شارك الآخرين في تجربته المريرة في قصيدة كُتبت باللهجة الأسكتلندية الدارجة حول عقد لراتب سنوي باعه لأرملة مفجوعة قبل وقت قليل. وإليكم مقطعين فقط كعيّنة من بين 19 مقطعا مملوءة بنواح وتفجع أوترام:

(*) الراتب السنوي annuity: يقابل ما يُعرف في منطقتنا العربية بالمعاش (التقاعدي)، الذي يدفع الموظف أو العامل أقساطه مقابل أن يحصل على معاش شهري بعد التقاعد طوال ما بقي من عمره. [المترجمة].

بدت الصفقة عادلة بالقدر الكافي
كانت قد بلغت الثالثة والستين لتوها
وكان من المستحيل، بمجرد الذكاء البشري،
أن أخمن أنها ستثبت هذا القدر من الصلابة
لكن السنوات جاءت، والسنوات راحت
وها هي لاتزال في صلابة الحجر
والخسيسة تصغر في السن مرة أخرى
مادامت تحصل على راتبها السنوي
أقرأ الجداول المرسومة بعناية
لشركة تأمين
تذكر الجداول فرصتها في الحياة
بكل وضوح وصفاء
ولكن على الرغم من الجداول هنا أو الجداول هناك
فقد عاشت عشر سنوات فوق نصيبها
ويبدو أنها ستعيش أكثر من عشر أخرى
لكي تقبض راتبها كل عام[7].

كان خطأ أوترام الأكبر هو ثقته في جداول الحياة التي توضع لشركات تأمين على الحياة. وهذا الخطأ لم يقع فيه مستثمرون أفراد فقط. في أوائل القرن التاسع عشر، خسرت الحكومة البريطانية أموالا طائلة عندما ارتكبت خطأين في إصدار رواتب سنوية لمستثمرين، كان الخطأ الأول هو استخدام بيانات خاطئة حول معدلات الوفيات، كانت تنطوي على تقدير مبالغ فيه لمعدل الوفاة، ومن ثمّ تسببت في دفع مبالغ زائدة لحيوات تجاوزت المستوى المربح. كان ويليام مورغان William Morgan، الخبير الاكتواري في شركة التأمين البريطانية «جمعية الإنصاف» (Equitable Society)، هو الذي اختار للحكومة البيانات المضللة. وكانت أخطاؤه قد أكسبت الجمعية نقودا قبل ذلك عندما استخدم البيانات لحساب أسعار وثائق التأمين على الحياة التي كانت تدفع عند الوفاة. كانت قيمة تلك الوثائق للتأمين على الحياة مبالغا فيها كثيرا، وتقاضت الحكومة أموالا زائدة، حيث إنها في الواقع كانت تعرض خطر موت أقل من المعدل الذي احتسبته الجمعية، ومن ثمّ فإن ما

دفعته الجمعية كان أقل من المتوقع. استخدمت الأخطاء نفسها، لكن في الاتجاه المقابل، وكانت ذات نتائج مالية كارثية، استخدمت في حساب تكلفة الراتب السنوي لأنه، بالطبع، كما اكتشف جورج أوترام، كانت الحياة الأطول تقتضي أقساطا أكبر، وبالتالي فقد فقدت الحكومة كميات هائلة من النقود.

كان الخطأ الثاني الذي ارتكبته الحكومة البريطانية هو السماح لمستثمرين بأخذ وثائق الرواتب السنوية على حياة أطراف ثالثة. مكنت هذه الممارسة المستثمرين من تكديس النسبة لمصلحتهم عن طريق البحث بين عامة الناس عن أفراد يحتمل أن يعيشوا أكثر مما تقدره بيانات الحكومة. ومن المستثمرين الذين استفادوا من هذه الفرصة الشاعر ويليام وردزوورث William Wordsworth، الذي كان في وضعية مكنته من تقدير طول حياة الناس العاديين في منطقة البحيرات Lake District، حيث كان يعيش[8].

على جانب الغابة في قرية غراسمير
يسكن راع، اسمه مايكل؛
رجل عجوز، جريء القلب، قوي العضلات
ظل هيكل جسده بالشكل نفسه منذ شبابه حتى شيخوخته
ورغم قوته العضلية الكبيرة، كان ثاقب البصيرة
بليغا، مقتصدا، ذكيا في كل شأن،
متيقظا، أكثر من الرجال العاديين[9].

كانت الرواتب السنوية على حياة كبار السن مربحة على وجه الخصوص بالنسبة إلى المستثمرين، حيث كانت تقديرات الحكومة لحياة كبار السن دائما أقل مما ينبغي، خاصة في المناطق التي تتميز بأنها صحية، مثل مرتفعات أسكتلندا، وبين جماعات معينة، مثل طائفة الكويكر في لندن London Quakers، الذين اكتشف مستثمروهم أنهم عادة يعيشون حياة طويلة. وقد استثمر وردزوورث 4 آلاف جنيه إسترليني في الرواتب السنوية على حياة 40 رجلا عجوزا، وربح جيدا منها.

وفي نهاية هذه القصة منحنى ينطوي على مفارقة. فحتى توقف جمعية الإنصاف للتأمين على الحياة، والتي كانت في السابق جمعية الإنصاف، عن النشاط في العام 2005، كانت تتباهى بتاريخها الطويل والمرموق على حد زعمها، مستخدمة

طول حياتها كنقطة إعلان لزيادة المبيعات. غير أن هذا التاريخ كان يشمل تحذيرا من مخاطر إساءة حساب معدلات الراتب السنوي، وهو الأمر الذي لم ينتبه إليه أحد، ولم يكن على دراية به سوى قليلين. وكان السقوط النهائي لجمعية الإنصاف لوثائق التأمين على الحياة نتيجة ضمان الجمعية بعض حملة معدلات الرواتب السنوية التي كانت أعلى من قدرة الجمعية على الدفع.

أما الحكام المسيحيون، الذين بحاجة ماسة إلى المال، فقد رأوا حلا آخر لحكم الكنيسة على الربا، وهو أن يتيحوا لليهود القيام بالمهام البنكية ثم فرض الضرائب على أرباحهم أو مصادرتها. وفي الواقع، كانت الأعمال البنكية إحدى المهن القليلة التي يُسمح لليهود بممارستها في العصور الوسطى، لكن المهنة، مثلما هي اليوم، لم تكن ذات رواج بين المقترضين. وكان هذا أحد الأسباب التي أدت إلى الاضطهاد المستمر لليهود، ثم في النهاية إلى طردهم من إنجلترا في العام 1290 ومن إسبانيا في العام 1492. وفي العام 1650 تسامح أوليفر كرومويل Oliver Cromwell مع وجود عدد قليل من اليهود في إنجلترا، مع توضيح أن ذلك لأغراض تجارية، وعلى مدى القرن ونصف القرن التاليين تقاطر اليهود الذين نعموا بمزيد من التسامح في هولندا منها إلى إنجلترا سعيا وراء التجارة والتمويل. وفي العام 1779، ولد بنجامين غومبرتز[10] Benjamin Gompertz في عائلة من هؤلاء في 3 شارع بيري (شارع الدفن)، بمدينة لندن. وبالنسبة إلى رجل مقدر له أن يحدث ثورة في دراسة معدلات الوفيات، لم يكن القدر ليختار مكانا اسمه أكثر ملاءمة من ذلك لميلاده.

كان بنجامين غومبرتز بارعا في علم الحساب. تلقى تعليمه في المنزل، ثم علّم نفسه بنفسه، حيث كان كيهودي ممنوعا من دخول الجامعات الإنجليزية. وفي التاسعة عشرة من عمره كان مساهما منتظما في مجلة Gentleman's Mathematical Companion (النديم الحسابي للوجيه)، وبعد ذلك كسب جائزة مسابقة المجلة 11 سنة متتالية. قدّم غومبرتز مساهمات مهمة للرياضيات البحتة وعلم الفلك، غير أن المهارة الرياضية التي استخدمها غومبرتز في عمله اليومي كخبير اكتواري لشركة تأمين على الحياة هي التي كسب منها دخلا جيدا وشهرة دائمة كذلك. وعمل الخبير الاكتواري هو تحليل الإحصائيات المرتبطة بالمخاطر المختلفة ثم استخدام هذه الإحصائيات لحساب القسط الأولي الذي ينبغي تحصيله مقابل التأمين المطلوب.

يمثـل التأمين على الحياة نوعا خاصًا من مخاطرة التأمين، لأنه لا يوجد شـك في أن المطالبة سـتحدث، فقط غير المؤكد هو: متى؟ وكما توصلت الحكومة البريطانية إلى هذا الاكتشـاف الذي كلفها الكثير، فإن الخطأ في حسـاب ذلك يمكن أن يكون باهظ الثمن. والجزء المفتاحي من المعلومات الحسابية هو معدل الوفيات. إذا كان الناس مثل العبـوات الزجاجية، فإن المخاطرة بالكسر/الموت كل عام سـتكون أمرا ثابتا ومسـتتبا، ولن تكون هناك حاجة إلى جداول الحيـاة، غير أن البشر - ومعظم الحيوانات أيضا، بكل تأكيد - يهرمون، الأمر الذي يعني أن نسبة الوفيات تزداد مع التقدم في السن. والسؤال هو: ما مقدار هذه الزيادة؟ وجد بنجامين غومبرتز إجابة حسابية لهذا السؤال، إجابة عامة للغاية حتى إنها سُميَت قانون غومبرتز.

اكتشـف غومبرتز، عن طريق دراسة جداول الحياة التي تبين عدد الناس الذين يموتون في كل سن، أنه بداية من سن العشرين فصاعدا يزداد معدل الوفيات باطراد زيادة أُسّـية مع السن. وبعبارة أخرى، يتضاعف معدل الوفاة بمعدل ثابت. ويمكن أن نرى الظاهرة نفسـها في أنواع أخرى أيضا، غير أن المعدلات مختلفة. في الإنسان، يسـتغرق وصول معدل الوفيات إلى ضعف عدده 8 سنوات تقريبا. وزمن تضاعُف معدل الوفيات The Mortality Rate Doubling Time (MRDT) بالنسـبة إلى الكلاب نحو ثلاث سـنوات،وبالنسبة إلى فأر المعمل نحو أربعة أشهر[11]. ويمكن أن ننظر إلى زمن تضاعُف معدل الوفيات على أنه معدل الشـيخوخة. تشـيخ الفئران أسرع كثيرا من الكلاب، وتشيخ الكلاب أسرع كثيرا من الإنسان. ومن المثير للاهتمام أن معدل الشيخوخة فيما يبدو ثابت بالنسبة إلى كل نوع من الأنواع الحية. ويمكن أن تفكر أن هذا هو ما يجب أن يكون بالضبط من حقيقة، أنه، كما رأينا في الفصل الثاني، لكل نوع مدة حياة خاصة به، لكن يبدو أن هناك مفارقة هنا إذا نظرنا بعمق أكثر قليلا، لأن مدة الحياة غير محددة.

ودعونـا نتأمل نوعنا الأحيـائي، منذ 200 عام كان متوسـط العمر المتوقع عند الميلاد أقل من 40 سنة، أينما كنت تعيش. أما اليوم، فهو أكثر من 40 في كل مكان، حتـى في أكـثر الأمم فقرا[12]. في الـدول المتقدمة يعيش الناس وقتـا أطول باطراد. والواقع أن هذه الظاهرة ليسـت جديدة. فقد أمكن تتبع زيادة مطردة منذ العام 1840، أي منذ الوقت الذي زاد فيه متوسط العمر المتوقع بمعدل مدهش وصل إلى

نحو ثلاثة أشهر في السنة، أو ما يعادل 15 دقيقة لكل ساعة[13]. وتأتي أفضل سجلات تاريخية في هذا الشأن من السويد، حيث بلغت النساء في العام 1840 الرقم القياسي لمتوسط العمر المتوقع، على الرغم من أن ذلك المتوسط كان فقط 45 سنة، وهو رقم متواضع جدا بالنسبة إلى مقاييس اليوم. في العام 2009، كان متوسط العمر المتوقع لدى النساء في السويد 83 سنة[14].

وبشكل عام، حياة الرجال أقصر من حياة النساء في المتوسط، والفارق بين الجنسين اتسع من سنتين إلى ست سنوات، لكن مع زيادة أو نقصان أعوام قليلة على السواء، فقد حدث تقدم جدير بالذكر في متوسط العمر المتوقع لكل من الرجال والنساء في كل مكان من العالم، وبخاصة في البلدان الأكثر ثراء[15]. زاد متوسط العمر المتوقع في الولايات المتحدة خاصة بسرعة منذ العام 1970، وبينما كان معدل السن عند الوفاة بالنسبة إلى الرجال في تلك السنة يبلغ 67 عاما، فبحلول العام 2006 وصل إلى 75. وبالنسبة إلى النساء على مدى الفترة نفسها زاد متوسط العمر المتوقع من 75 إلى 81 سنة[16]. وحدثت زيادات مماثلة تماما في بريطانيا. وفي فرنسا، مكان ميلاد حاملة الرقم القياسي في طول الحياة جان كالمنت Jeanne Calment، تعيش النساء أطول من ذلك، وفي اليابان متوسط العمر المتوقع للأنثى حاليا أكثر من 86 سنة. ولأن هذه الأرقام هي متوسطات، فهناك بالطبع زيادة مقابلة من الناس الذين يعيشون عمرا أطول من ذلك، لكن عند وقت كتابة هذا، لم تكن ثمة تحديات موثقة جيدا تنافس على تاج جان كالمنت.

كان سبب هذه الزيادة الملحوظة في العمر المتوقع هو أولا وقبل كل شيء التراجع في وفيات المواليد نتيجة التحسن في الإجراءات الصحية، وعلم التوليد، والصحة العامة، والتحصين، والمضادات الحيوية، والعناية الطبية. كل ذلك بالإضافة إلى زيادة عامة في مستوى المعيشة، الأمر الذي حسّن من صحة كبار السن على وجه الخصوص، كما ساعد على تقليل وفيات البالغين. وفي بعض الدول المتأخرة في حدود طول العمر نجد أن التدخين شائع للغاية[17]. والحق أن سقوط الاتحاد السوفييتي في سنوات العقد 1990 كان تجربة غير مقصودة، وعلى مجال واسع، بالنسبة إلى رفاهية الإنسان، أكدت أهمية الرخاء بالنسبة إلى متوسط العمر المتوقع. فقد تسبب الاضطراب الاقتصادي والبطالة في تراجع متوسط العمر المتوقع في الذكور تراجعا كبيرا في العام حتى وصل إلى أدنى

مســتوياته في العام 1994، حيث كان 57 عاما فقط[18].هذا التغير يذكرنا بمدى السرعة التي يمكن بها أن نفقد ما جنيناه على مدى قرون.

ومن ثمّ نصل الآن إلى المفارقة، وهي كما يلي: إذا كان معدل الشيخوخة، كما يُقاس بزمــن تضاعُــف معدل الوفيات، رقما ثابتــا في نوعنا، وهو ثابت عند نحو 8 ســنوات، فكيف يمكن أن يتضاعف متوسط الحياة المتوقع على مدى قرنين فقط؟ وهل الزيادة في طول عمر الإنســان تعني أن الشيخوخة تتناقص؟ وفي الواقع، وحيث إن العمر مستمر في الزيــادة، فهل ذلك يعني أننا نهزم الشــيخوخة باطراد، مثلــما نهزم المرض؟ رغم أن أرسطو لم يكن لديه شيء من الأدلة التي لدينا اليوم، فقد قاده عقله الثاقب إلى التساؤل عن شيء مماثل. في كتابه حول طول العمر، سأل: هل الحياة القصيرة هي مجرد نتيجة لـ «ســوء الصحة»، أم هل هنــاك حدود متأصلة لمدى طول الحياة؟ ويســاعدنا قانون غومبرتز على الإجابة عن هذا السؤال وحل مفارقة طول العمر.

وفي الواقــع، هناك حدّان متغــيران في قانون غومبرتز يقــرران معدلات الوفاة. الحد الأول هو زمن تضاعُف معدل الوفاة، والثاني هو معدل الوفيات الأوّلي initial mortality rate (IMR)، الــذي يُقاس عند مرحلة البلــوغ الجنسي. ويمكن اعتبار معدل الوفيات الأولي الخط الأســاسي لمعدل الوفيات حيث إنه في الواقع يؤثر على الحيــاة كلها، وليــس البداية فقط. ويقــرر زمن تضاعُف معدل الوفيات متوســط الشــيخوخة، غــير أن معدل الوفيات الأوّلي يضع نقطــة البداية له، ومؤكد أنه كلما كان متوســط البداية أعلى كان الارتفاع أعلى عند مضاعفته. ولكي نرى كيف يجتمع هذان الرقمان للتأثــير على طول العمر دعونا نقارن بين نوعين من الطيور، الزقزاق الشامي، ونورس الرنجة، وكلاهما يتصادف أن لديه معدل الشيخوخة نفسه، لكنهما يختلفــان كثيرا في معدل الوفيــات الأوّلي. في النوعين كليهــما، زمن تضاعُف معدل الوفيات ست سنوات، لكن معدل الوفيات الأوّلي للزقزاق هو 20 في المائة في السنة، بينــما هو في نورس الرنجة فقــط 0.4 في المائة، أي إن الأول أكبر خمســين مرة من الثاني. وعلى الرغم من أن كلا الطائرين يشــيخ بالنســبة نفسها، فإن أكبر سن سجل للزقزاق الشــامي في الحياة هو 16 ســنة، بينما أكبر نورس رنجــة بلغ عمره 49[19]. وحيث إن النوعين يشيخان بالنسبة نفسها فلا بد أن الفارق في طول حياة كل منهما يرجع إلى معدل الوفيات الأوّلي المختلف تماما لكل منهما. ولاحظ أنه على الرغم من

الفارق في معدل الوفيات الأوّلي بين النوعين يصل إلى خمسين ضعفا، فإن الفارق في طول العمر فقط ثلاثة أضعاف (16 سنة مقابل 49). وهذا لأن زمن تضاعُف معدل الوفيات (والذي هو نفسه في كلا النوعين) له تأثير أقوى من معدل الوفيات الأوّلي. فالشيخوخة هي الحاكم في قانون غومبرتز.

المقارنة بين الزقزاق الشـامي ونورس الرنجة تمثل النقطة المستهدفة بأننا لا ينبغي أن نقفز إلى استنتاج أن الزيادة في طول حياة الإنسان ناتجة عن نقصان في الشيخوخة. فزمن تضاعُف معدل الوفيات ثابت تماما عبر جميع الشعوب البشرية في العالم المتقدم والعالم النامي على السـواء، بينما يختلف معدل الوفيات الأوّلي اختلافا كبيرا، وقد تغير كثـيرا. فالحقيقـة هي، إذن، مفارقـة، فعلى الرغم من أن طول حياة الإنسـان يزيد في الظاهر، فإننا لانزال نشـيخ بالمعدل نفسه. والتفسـير هو أن زيادة طول العمر نتجت عـن نقص معدل الوفيات الأولي، وليس نتيجة تراجع في الشـيخوخة. فإذا افترضنا أننا استطعنا إزالة الشيخوخة حتى لا يزيد معدل الوفيات على الإطلاق بعد سن العشرين، فإن البشر يستطيعون بسهولة أن يعيشوا حياة في طول حياة متوشالح.

واقـع الأمر أن زيادة طول العمر نتجت عن تأخير الشـيخوخة، وليس تقليلها. ومـن ثم فنحن الآن لا بد أن نجيب عن سـؤال أرسـطو: هل طـول الحياة خاضع لحدود متأصلة من نوع ما؟ إن صلابة الشـيخوخة تشي بأنه ما لم نتمكن من إبطاء عملية الشـيخوخة، فإنها في النهاية تضع حـدا إحصائيًّا لطول الحياة. غير أن ارتفاع العمـر المتوقع يشي أيضا بأننـا لم نبلغ هذا الحد بعـد. إن المؤلفات العلمية حول طول العمر لدى البشر مملوءة بالتوقعات التي ظهر أنها شـديدة التشاؤم. في العام 1928، على سـبيل المثال، استخدم لويس دبلن Louis Dublin إحصاءات الولايات المتحدة لحسـاب أفضل سيناريو للعمر المتوقع «في ضوء المعرفة الحالية ومن دون تدخـل من ابتداعـات جذرية أو تغير ارتقائي خيالي في تركيبتنا الفسـيولوجية، تلك الأمور التي ليس ثمة سـبب لافتراضها». وكانت توقعاته تقول إن أقصى عمر متوقع يمكن أن يكون 64.75 سـنة. وعلى الرغم مـن أن دبلن لم يكن على وعي بالحقيقة التي كانت واقعة في ذلك الوقت، فإن النسـاء في نيوزيلندا أحرزن بالفعل متوسـط عمر متوقعا أعلى من ذلك[20]. وقد أعاد دبلن وآخرون فيما بعد النظر في توقعاتهم ورفعـوا منها أكثر من مـرة، وفي كل مرة، كان الارتفاع العنيـد لطول العمر ينفجر

متخطيا الحدود المفترضة له. ووفق أحد التقديرات، إذا استمرت الاتجاهات الحالية، فإنه من المتوقع أن يتمكن معظم الأطفال الذين ولدوا منذ العام 2000 في البلدان الغنية أن يعيشوا حتى المائة[21].

وكما لا بد أنك لاحظت، التقدم في السن موضوع يتكرر في الشعر. الشاعر هنري ريد، وبعفوية، تعثر في إيجاز بليغ وحل صاف إلى حد ما، لمفارقة طول العمر في قصيدته الساخرة «تشارد ويتلو» (Chard Whitlow)، التي كتبها العام 1941 كمحاكاة ساخرة لتي. إس. إليوت[22].

حيث إننا نتقدم في العمر، فإننا لا نصغر أبدا
تعود الفصول، واليوم أنا في الخامسة والخمسين
وفي مثل هذا اليوم من العام الماضي كنت في الرابعة والخمسين
وفي مثل هذا اليوم من العام القادم سوف أكون في الثانية والستين.

ومن الواضح أن تي. إس. إليوت استمتع بالمحاكاة الساخرة. في قصيدته «أغنية حب جيه. ألفريد بروفروك»، يقدم ملحوظة يبدو فيها (عن عمد) بالمستوى نفسه من الحمق: «إنني أتقدم في العمر... إنني أتقدم في العمر.../ سوف أضطر إلى قلب أرجل البنطلون الذي أرتديه». ينكمش هيكل الإنسان بمرور العمر، الأمر الذي يجعل رجلا عجوزا يرتدي بنطلونا قديما يتلقى نصيحة بقلب أرجل بنطلونه إلى أعلى. أما بالنسبة إلى قفزة هنري ريد من 55 إلى 62 في سنة واحدة، فإن الشيخوخة تعني فعليا أن الزمن البيولوجي يتسارع حقا مع مرور السنوات. يتسارع حتى نقطة، فهناك مفاجأة تتوارى في أعماق سن متقدمة جدا.

وحيث حدث صعود في طول العمر، أصبح الكثير من الناس يعيشون ويصلون إلى القرن الثاني من عمرهم، وقد أمدّنا هؤلاء الرواد على جبهة البقاء بلمحة عن ربوع تلك المنطقة المجهولة حتى الآن، أرض العمر المتقدم جدا. والأخبار التي تأتي من الجانب الآخر من خط القرن أفضل مما جرؤ كثيرون على أن يحلموا به. على عكس تيتون، الذي أصيب بلعنة الوهن المتزايد، فإن نسبة ممن تخطوا المائة ينعمون بصحة جيدة على نحو مدهش. وعلى سبيل المثال، ثُلث مجموعة دنماركية من أصحاب العمر المئوي كانوا بصحة طيبة لدرجة القدرة على العيش مستقلين[23].

وهنــاك ما هو أكثر، 40 في المائة من مجموعة من الأمريكيين أصحاب العمر المئوي الفائق supercentenarians، بين سن 110 و119، كانوا بصحة طيبة لدرجة القدرة على العيش المســتقل أو تطلبوا مســاعدة ضئيلة لفعل ذلك[24]. وإذا تصادف أنك كنت فأر معمل ينتمي إلى ســلالة جــرت تربيتها للوصول إلى عمــر طويل للغاية، فإنك أيضا ســتكون صحتك في العمر المتقدم للغاية أفضل من أسلافك الذين عاشوا حياة أقصر[25]. والتفســير بســيط بكل تأكيد: إن الصحة الطيبة هي مفتاح الوصول إلى العمر الطويل، سواء بالنسبة إلى الفأر أو الإنسان. غير أن هناك اكتشافا آخر من أرض الحياة الطويلة جدا يعتبر مفاجأة حقا وهو أنك: عندما تصبح عجوزا فعلا فإن الشيخوخة تتوقف.

مــن الصعب تقديــر معدل الوفيات بين أكــبر الكبار، لأنه حتــى وقت قريب كان مــن يمكن الاعتماد عليهم لعمل هذا التقديــر قليلين للغاية. وأخيرا، في 2010، اســتطاعت دراسة أن تجمع بيانات الوفيات على أكثر من 600 من المئويين الفائقين عن أصالة، وأظهرت ما كان يدور حوله الشــك لبعض الوقت: إن معدل الوفيات في هــذه المجموعة يصل إلى نقطة توقف[26]. الأمر مؤكــد، صحيح أن معدل الوفيات مرتفع للغاية في هذه الســن، حيث يموت ســنويا 50 في المائة منهم، لكن متوســط الوفيات لا يزيد بأي قدر كل عام. وأفترض أن هذه النتيجة يمكن أن يجدها المئويون الفائقون أقرب إلى دعابة أخبار طيبة / أخبار ســيئة: «فالأخبار الطيبة هي أنك لن تشــيخ أكثر من ذلك، والأخبار الســيئة هي أنك سوف تموت سريعا على أية حال». ومن وجهة نظر العلم، من المؤكد أن ذلك عظيم الأهمية، لكن ماذا يعني؟ مع عدم وجود ما يكفي للدراســة من المئويين الفائقين سوى هذا العدد القليل للغاية، لا بد أن تأتي الإجابة من نوع آخر ومن اتجاه غير متوقع.

في جنوب المكســيك، على مرمى حجر من الحدود مــع غواتيمالا، يوجد مصنع ينتج شيئا غريبا نوعا: ينتج هذا المصنع كل أسبوع 500 مليون عذراء من نوع ذبابة الفاكهة متوطنة في حوض المتوسط. وذبابة الفاكهة المتوسطية حشرة مدمرة للفواكه الحمضيــة، غير أن الأعداد الهائلة من الذباب المُربى في المصنع المكســيكي هي جزء من الحل، وليس المشــكلة، ذلك أن إناث هذه الحشرة تُلقح مرة واحدة فقط، ومن هنا كانت الإســتراتيجية المتبعة ضدها هي إغراق المنطقة المصابة بأعداد هائلة من

الذكـــور المصابين بالعُقْم والذين جـــرى إعدادهم في المرفق المجهز لذلك. وحيث إن عدد الذكور المصابين بالعقم يفوق كثيرا الذكور الطبيعيين، فإن الإناث التي تُلقح من ذكور عقيمة لن تنتج ذرية. كانت مهمة مصنع تربية ذبابة الفاكهة المتوســطية في جنوب المكسيك منع انتشار هذه الحشرة شمالا عبر المكسيك وإلى الولايات المتحدة، ونجحت هذه المهمة نجاحا باهرا[27]. وكان استخدام ذبابات الفاكهة المتوسطية من هــذا المصنع في بحث عملية الشــيخوخة مجرد منتج جانبي، أتيح بســبب الأعداد الضخمة المتاحة من الذباب.

تتبــع باحثو التقدم في العمر مصير 1.2 مليون ذبابة فاكهة متوســطية نشــأت في المصنع المكســيكي، وهذا العدد لا يزيد عــلى 1 في المائة من الذباب المنتج هناك في أي يوم من أيام الأســبوع، لكنه عدد ضخم لمثل هذه الدراســة. ومثل الحشرات الأخرى، تعيش ذبابة الفاكهة مكتملة النمو حياة قصيرة. بعد 7 أيام، كان متوســط الوفيات اليومي متواضعا، مجرد 1.2 في المائة؛ وبعد أسبوعين كان نحو 10 في المائة. بعد 40 يوما، كان متبقيا فقط 45 ألف ذبابة عجوز، وكان متوســط الوفيات 12 في المائــة يوميا، غير أنه بعد ذلــك بدأ هذا الرقم في التراجع. بعد 90 يوما لم يكن باقيا ســوى مائة ذبابة حية، لكن معدل وفياتها نزل إلى 5 في المائة يوميا، ومرت 82 يوما أخرى قبل أن تموت آخر ذبابة[28]. كانت هذه النتيجة أكثر دراماتيكية مما اكتُشف في المئويين الفائقين من البشر، فمن بين ذباب الفاكهة المتوســطية لم يتوقف معدل الوفيــات فقط عند رقم معــين، بل تحرك إلى العكس، حيث تراجع في الواقع معدل وفيــات أكبر الكبار من الذباب بالتقدم في الســن. وللوهلة الأولى، قد يظن المرء أن هذه الدراســات تبين أنه حتى الشيخوخة تستسلم أمام التقدم في السن في النهاية، لكن هناك تفسيرا آخر.

في الذباب، كما بين البشر، يموت أولا الأفراد الأكثر هشاشة وضعفا، والأقل صحة. والواقــع أن هناك عوامل كثيرة تؤثر على الصحة وقــد تصنع فرقا بين أولئك الذين قُدِّر لهم أن يعيشوا أطول من أولئك الذين قُدِّر لهم أن يموتوا مبكرا. ومن بين هذه العوامل الجنس. تعيش الإناث أكثر في الإنسان وفي العديد من الأنواع الحية الأخرى، لكن ليس كلها. فعلى ســبيل المثال، يعيش الذكور أكثر من الإناث في الفئران[29]. وأيا كان ســبب الفروق بين فرص حياة الأفراد، فإن مجرد وجود مثل هذه الفروق يمكن

أن يعطي مظهر تناقص معدل الوفيات بالنسبة إلى المجموع ككل [30]. ويحدث هذا لأنه بينما تموت المجموعة الأقصر عمرا، فإن الأفراد الأكثر احتمالا وقوة ذوي المعدل الأقـل في الوفيـات هم الباقون وحدهـم. وفي مثل هذه الحالة، هـل يمكن اعتبار متوسـط الوفيات قد تناقص حقا، أو هل جرى الكشف عن متوسط الوفيات الأدنى الذي كان حاضرا دائما في جزء من السكان بموت الأفراد الأقصر عمرا؟

تخيـل حالة مُناظِـرة، وفيها: لدينا حوض اسـتحمام يطفو عـلى مياهه عدد مماثـل من الكرات الزرقاء والكرات الصفـراء، وكلا النوعين يمتص الماء وفي النهاية يغـرق ويغيب عن أنظارنا، غير أن الكرات الزرقاء تفعل ذلك بمعدل أسرع بدرجة طفيفـة من الكرات الصفراء. ودعنا نبتعد قليـلا ونراقب ما يحدث. عندما نكون على مسـافة مناسبة سوف يبدو خليط الكرات الزرقاء والصفراء ممتزجا في اللون الأخضر، مثل وحدات البيكسـل على شاشـة التلفزيون أو في صـورة مطبوعة في صحيفـة، وعندما تبدأ الكرات «تموت»، يبدو أن سـطح حوض الاسـتحمام يتغير لونـه. حيث تغـوص الكرات الزرقـاء أسرع من الصفراء، وبينـما تختفي الكرات الزرقاء تحت السـطح، يتغـير اللون ببطء من الأخضر إلى الأصفـر. وبالقرب من النهاية، يبدو سطح الحوض أصفر كله. فماذا حدث؟ هل غيرت محتويات الحوض لونها من الأخضر إلى الأصفر؟ أم هل التغير في معدل الوفيات بين الكرات تسـبب فقط في الكشف عن شيء كان موجودا طوال الوقت؟ كانت نصف الكرات صفراء، غير أننا لم نكن نستطيع رؤية ذلك لأننا، على مستوى جملة السكان، رأينا الخليط أخضر اللون.

والآن دعونا ننس ألوان الكرات وننظر فقط إلى معدل غرق، أو إن كنت تحب، «مـوت» الكرات في الحـوض في أثناء التجربة. حيث كان هنـاك مزيج من الكرات سريعة وبطيئة الغرق في البداية، وبقيت فقط بطيئة الغرق في النهاية، فإن متوسط معـدل الغرق تباطأ نحو نهاية التجربة. فكيف ينبغي لنا أن نفسر هذه الملحوظة؟ يمكن أن نعتقد أن كل الكرات كانت الشيء نفسـه (تذكر أننا نتجاهل لونها)، الأمر الذي يعني أنها لا بد قد غيرت من قابليتها للغرق في أثناء التجربة. ويمكن أن نفسر بطريقة أخرى، فنعتقد أن الكرات لم تكن كلها الشيء نفسه، وأنها تختلف في معدل وفياتها طوال الوقت.

فيما عدا حـالات نادرة، لا يتكون الناس عامة من أفراد متطابقين بيولوجيا، بل يتكونون من أفراد مختلفين بكل أنواع الطرق والأشـكال، وكثير من طرق الاختلاف تلـك تؤثر في الصحة وفي معـدل الوفيات. وفي مثل هذه الحالـة، فإن مكونات أي مجموعة من الأحياء سـوف تختلـف، خاصة نحو نهاية مُـدّة الحياة، وهذا يمكن أن يعطـي انطباعا بأن معـدل الوفيات قد توقف، بل ربما بدأ يتناقص. والتفسـير الأكثر احتمالا هو أن جملة الناس تنطوي على اختلافات خفية بالنسـبة إلى التعرض للوفيات. وهذا احتمال مثير للغاية، لأننا إذا استطعنا أن نكتشف هذه الاختلافات، ربما نسـتطيع أن نصل إلى السـبب الذي يجعل بعض الأفراد يعيشـون حياة أطول من آخرين.

ودعونـا نلخـص ما اكتشـفناه حول الشـيخوخة. الشـيخوخة هـي الفقدان التدريجي للوظائف البيولوجية والذي يحدث مع التقدم في السـن. وهناك فكاهة تقول إن أساتذة الجامعة العجائز لا يتقاعدون أبدا، لكنهم فقط يفقدون، تدريجيا، ملكاتهم/كلياتهم. ويليام شكسبير، في مسرحيته الكوميدية «كما تهواه» (William Shakespeare, As You Like It)، جعـل الرحالـة المكتئب جـاك يصف المرحلة الأخيرة من المراحل السبع للإنسان بأنها «الطفولة الثانية، ثم لا شيء سوى النسيان. فقدان الأسـنان، فقدان النظـر، فقدان التذوق، فقـدان كل شيء»[31]. ويمكن تتبع مسارات الشيخوخة من خلال تأثيرها على معدل الوفيات. اكتشف بنجامين غومبرتز أنـه بمجرد الوصول إلى البلوغ الجنسي، يبدأ معدل الوفيات في الزيادة باطراد زيادة أُسّية، مع وقت محدد يحدث فيه تضاعُف المعدل وهو 8 سنوات عند البشر. وعلى الرغـم من أنه في البلدان الأغنى وصل العمر المتوقع إلى الضعف على مدى المائتي سـنة الأخيرة، فإن زمن تضاعُف معدل الوفيات لم يتراجع. وتفسير هذه المفارقة هو أن الشـيخوخة لم تتراجع؛ بل تأجلت فقط إلى مرحلة أبعد في الحياة[32]. وليسـت لدينـا أي فكـرة حول مزيد من الإنجـازات التي يمكن إحرازها بالنسـبة إلى العمر المتوقع في المستقبل، لكن يمكن أن نقول إن مثل هذه الإنجازات من غير المحتمل أن تحدث على حساب الشيخوخة. إن الشيخوخة لا تتوقف في السن المتقدمة جدا، غير أنه عند الوصول إلى مثل هذه السـن يكون معدل الوفيات السـنوي مرتفعا للغاية حتى إن ذلك لا يعطينا أي فرصة لمزيد من الوقت.

أما الوصول إلى حالة توقف للشـيخوخة في السـن المتقدمة جدا فمن المحتمل أن سـببه غربلة الموت للأكثر وَهَنًا، والذي يترك فقط أولئك الذين يتمتعون بصحة عفِيَّة أكثر من المتوسـط طوال حياتهم. هـل يمكن أن تكون هذه الصحة الطيبة في كبار السـن موروثة؟ كان التقدم في علم الجينات سريعا جدا في السنوات العشرين الأخـيرة حتى يمكـن الآن أن نرى مباشرة الفروق الجينية بين الأفراد. فماذا تقول لنا هذه الفروق حول التقدم في السن؟

4

الشيء الخالد: الوراثة

الملمح الذي تورثه السنون،
والذي يستطيع
بالمنحنى والصوت والعين
على رغم المدة المحدودة للإنسان
البقاء - الملمح الذي هو أنا،
الشيء الخالد في الإنسان،
الذي لا يكترث بدعوى الموت

توماس هاردي، «HEREDITY» (الوراثة)

كان أوليفر ونـــدل هوملز Oliver Wendell Holmes، الشـــاعر والطبيـــب الأمريكي في القرن التاســـع عشر، مشـــهورا في ذلك الوقـــت بمقالاته النقاشـــية، المكتوبة عـــلى هيئة محـــاورة، وكأن القـــارئ يتناول الإفطار مع المؤلف. كانت العلاقة التي صنعها مع قرائه في مقالاته «مائدة الإفطار» Breakfast - Table شديدة الحميمية حتى أنهم كثيرا ما كانوا يكتبون له يســـألونه النصيحة، وقد

«يمكنك أن تعيش حتى 100 سنة إذا تخليـــت عن كل الأشـــياء التي تجعلـــك ترغـــب في الحيـــاة حتى 100 سنة»

وودي ألن

رد على هذه الرسائل عندما بلغ الثمانين في كتاب بعنوان Over the Teacups (حول أكواب الشاي)[1]. وبدا أنه يُلمح إلى أن الحياة مجرد فاصل بين الإفطار وتناول الشاي. سُـئل هولمز كيف استطاع إحراز مأثرة العمر الطويل، وكيف يمكن لمراسليه أن يفعلوا مثلـه. يتجاوز رقم 80 العمر المتوقع للذكر الأمريكي حتى في يومنا هذا، ومن ثم ففي ذلـك الوقت من العام 1889، كان الوصول إلى «ثلاث عشرينات، وعشرين عاما»، كما كان يحب هولمز أن يقول عندما يذكر سنه، كان إنجازا يستحق الإجلال.

كتب يقـول: «إحدى وصفاتي من أجـل العمر الطويل قد تثير دهشـتك إلى حد مـا، وهي كما يـلي: كن مصابا بمرض عضال. ودع نصف دسـتة مـن الأطباء يقلّبوك، ويعجنـوك، ويجروا عليك اختبـارات بكل طريقة ممكنة، وافهـم حكمهم عليك بأن لديك شـكوى داخلية، وهم لا يعرفون سـببها، ولكنها بكل تأكيد سـوف تقتلك شيئا فشـيئا». ويسـتمر هولمز ناصحا: «ثم قُم بدور العليل، وأسـبغ رعايتك على شكواك القاتلـة كأنها طفل، وهكذا قـد تتمكن من العيش حتى الثمانـين. وإذا فعلت ذلك، سـوف تجد أن معظم أصدقائك قد ماتوا، وأن الحياة مرت وغافلتك بينما كنت أنت مشغولا بصحتك». ومن ثم، ينصحنا هولمز بأن عليك أن تأخذ حذرك مبكرا، و... «قبل أن تولد ببضع سنوات... انشر إعلانا لطلب أبوين ينتمي كلاهما لعائلة من المعمرين».

يبـدو أن العمـر الطويل يجري في بعض العائلات، ولكـن إلى أي مدى، وما هو السـبب؟ الظاهر أن ابـن أوليفر ويندل هولمـز، وهو أوليفر وينـدل هولمز الابن Oliver Wendell Holmes Jr، قـد اتبـع نصيحة أبيـه، إن لم تكن أمنياته، حرفيا. بدايـة من اختيار حصيـف لأب طويل العمر، عاش الابن حياتـه بالطول والعرض، انقطع عن دراسـته الجامعيـة ليتطوع في الجيش الاتحادي عندما نشـبت الحرب الأهلية الأمريكية. وعلى رغم أنه جُرح ثلاث مرات، فقد نجا من الحرب وفي النهاية أصبح من قضاة المحكمة العليا، وظل يشغل هذه الوظيفة حتى سن التسعين. وأنا أشـعر ببعض العلاقة الشخصية بهذه القصة، لأن أبي نفسه كان محاميا، وقد اختار لي الاسم الأوسط «ويندل» تكريما لهذا القاضي.

وأنا أيضا اخترت أبي جيدا، ففي وقت كتابتي هذه يبلغ أبي 98 سنة، وهو نموذج للصحة الطيبة في السن المتقدمة. نجا من مرض الدفتيريا في طفولته، الذي كان غالبا مرضا بكتيريا قاتلا منتشرا حتى انتشر اللقاح ضده في أواسط العشرينيات من القرن

العشرين. وفيما بعـد، أثناء الحرب العالمية الثانية، نجا من الطوربيدات ومن غرق سـفينة. من الواضح أن البقاء إلى عمر متقدم يتطلب قدرا معينا من الحظ، والذي تساعده، كما يُصر أبي، القدرة على السباحة. وهو لايزال يسبح ثلاث مرات أسبوعيا، على رغم أنه يفعل ذلك في أيامنا هذه من دون قبعة البحرية المعدنية.

فـما هو الجزء الـذي تؤديه الجينات، بالنسـبة إلى المعمريـن المحظوظين، في الوصول إلى سن متقدمة مع صحة طيبة؟ تناولت دراسات كثيرة هذه المسألة بعمل مقارنـة بين طول العمر، والصحة، والحمض النـووي (الدنا) عند المعمرين. وهناك تقييم تقريبي يبدو أنه ينطبق على الفئران، والديدان الأسطوانية (وهي محببة عند باحثـي التقدم في العمـر)، والبشر، وهو أن الجينات مسـؤولة عما بين 25 و35 في المائة من التغير في مدى طول حياة الأفراد[2].

كل الخصائص المهمة التي تتباين بين الأفراد، تقريبا، تتأثر بالجينات والبيئة على السواء، ومن الصعب فصل تأثيرات الاثنين، إن لم يكن ذلك أيضا مثيرا للجدل. ونحن نعرف أن الجينات تهيِّئ إمكانية حياة طويلة، لكنها لا تحددها بشـكل مطلق، وقد بنينا هذه المعرفة على حقيقة أن العمر المتوقع للإنسـان قد تضاعف على مدى الـ 200 سـنة الأخيرة وحدها نتيجة التحسـينات التي جرى إنجازها في الصحة العامة، والـدواء، والرفاهية. وبين الحيوانـات أيضا، يمكن أن تكون العوامل البيئية ذات أثر كبير في طول العمر. تعيش ملكة نحل العسـل وتتكاثر لعدة سـنوات بينما ترعاها شـغالات هي أخواتها المطابقات لها جينيا، ولكنها لا تعيش سـوى أشـهر قليلة[3]. لقد تقررت المصائر المختلفة بين الملكة والشـغالة المتطابقتين جينيا في أثناء التطور المبكـر لكل منهما. تعتني الشـغالات بغـذاء يرقات مختارة من بـين بقية اليرقات حيث تغذيها على وجبة خالصة من عصارة غنية بالبروتين تفرزها وتسـمى «الهلام الملكي royal jelly»، وتصبح هذه اليرقات ملكات. أما اليرقات التي لا تحصل سـوى عـلى كمية ضئيلة من الهلام الملكي عند نهاية تطورها، فتصبح شـغالات. ولا حاجة للقـول إن تجار الإنترنـت الذين يبيعون الهلام الملـكي بخصائصه المزعومة المضادة للشيخوخة، يتجاهلون الإشارة إلى أنك بحاجة إلى أن تكون يرقة نحل من سن معينة لكي تسـتفيد من تلك الخصائص. وكذلك لا يصـدرون تحذيرا صحيا بأن أخذ كمية صغيرة للغاية يمكن أن يحول المتلقي إلى «شغالة».

في البشر، تجري تقديرات المساهمة الجينية في خاصية مثل طول العمر بعمل مقارنة للتباينات بين التوائم المتشابهين والتباينات بين الإخوة غير المتطابقين. ينشأ التوأم المتطابق من بويضة مخصبة واحدة، تسمى «الزيجوت» zygote، التي تنقسم في مرحلة مبكرة للغاية من تطورها. والتسمية الدقيقة للتوأم المتشابه هي توأم أحادي الزيجوت monozygotic twins، لأنه على رغم أنهما متطابقان جينيا، فإن التوأم أحادي الزيجوت ليس متطابقا حقا في كل شيء آخر.

يُربى التوائم عادة معا في العائلة نفسها، ومن ثم فهم يعيشون في البيئة نفسها، بالإضافة إلى اشتراكهم في الجينات نفسها. وهذا يجعل من الصعب التأكد من أن تشابهات معينة بين التوأم أحادي الزيجوت ترجع إلى البيئة، أو إلى الجينات، أو إلى تركيبة من الاثنين معا. من حسن الحظ أن ثمة طريقة للتغلب على هذه المشكلة عن طريق مقارنة التوائم أحادية الزيجوت بالتوائم ثنائية الزيجوت dizygotic twins. التوأم ثنائي الزيجوت غير متطابق جينيا، على رغم أنه مثل التوائم أحادية الزيجوت يولدون ويربون معا عادة. وتبين دراسات التوائم أن تأثير الجينات في التقدم في السن وطول العمر ليس دقيقا ومنتظما كما يوحي رقم مثل ما نراه في عبارة «حتى 35 في المائة». وعلى سبيل المثال، إذا أصيب توأمك أحادي الزيجوت بالزهايمر فإن فرصتك في الإصابة به أكبر بمرتين أو ثلاث مما لو أصيب به توأمك ثنائي الزيجوت. وعلى رغم أن هذه الملحوظة تعلن أن خطر الإصابة بالزهايمر متأثر للغاية بجيناتك، فإن السن التي يبدأ فيها المرض يمكن أن تختلف بسنوات كثيرة بين التوأم أحادي الزيجوت، والبعض ينجو من المرض نهائيا، مما يؤكد أن التأثيرات غير الجينية مهمة أيضا. وهناك استثناء في أحد أشكال الزهايمر النادرة (5 في المائة من الحالات)، يسمى مرض الزهايمر العائلي المبكر، حيث يكون المصابون به لديهم خلل جيني يؤدي دائما إلى حدوث الحالة قبل سن الستين[4].

لو كنا فئران معمل نرتدي معاطف المعامل (جرذان نرويجية Rattus norvegicus)، لرغبنا في دراسة البشر كأمثلة على طول العمر، هذا النوع الإحيائي، الهومو سابيَن، رائع في استخدامه كمادة تجريبية، خصوصا أولئك الأفراد الذين يعيشون في البلدان الإسكندنافية (هومو سابينس نورفيجيكوس H. sapiens norvegicus)، حيث يتمتعون بصحة جيدة ويحتفظون بسجلات دقيقة بانتظام.

وقد استُخدمت عينة كاملة تقريبا مَن كل التوائم الذين ولدوا في الدنمارك وفنلندا والسويد بين 1870 و1910 لدراسة تأثير تاريخ العائلة في العمر عند الوفاة بين 20,502 نسمة[5]. بالنسبة إلى أفراد التوائم الذين ماتوا قبل سن 60، لم تكن هناك علاقة بطول حياة الفرد الباقي من التوأم، سواء كان أحادي الزيجوت أو ثنائي الزيجوت. وبعبارة أخرى، لم تؤثر الجينات المشتركة في الوفيات قبل 60 سنة من العمر، وكانت العوامل البيئية لها التأثير الغالب في طول العمر حتى هذه السن. ولكن بعد الستين، كانت أعمار التوائم عند الوفاة متلازمة، مما يكشف أن تأثير الجينات المشتركة أصبح أقوى مع التقدم في العمر. كان هذا النمط بشكل عام سائدا بالنسبة إلى الرجال والنساء على السواء، على رغم أن النساء يعشن أطول من الرجال في المتوسط.

لعلك تذكر ما قلناه في الفصل الثالث من أن الشيخوخة تبطئ في السن المتقدم جدا في الإنسان والأنواع الأخرى، وأن من التفسيرات المحتملة لذلك أن السكان في الواقع يتكونون من جماعات متعددة تصاب بالشيخوخة بمعدلات مختلفة. ودراسة التوائم النرويجيين تدعم هذه الفكرة، حيث إنها تؤكد أيضا أن هناك اختلافا جينيا لدى الناس الذين يصلون إلى أعمار متقدمة. هل الجينات الملائمة لطول العمر تعمل في السن الصغرى أيضا؟ هناك غياب لتأثير الجينات في طول العمر تحت سن 60 في الدراسة النرويجية، وهذا قد يوحي بالنفي، ولكن مثل هذه التأثيرات يمكن بكل سهولة أن تكون مختفية بسبب حقيقة أن معدل الوفيات في كل الأحوال أدنى تحت سن 60. ومن الطرق التي يمكن استخدامها لمعرفة ذلك أن نقارن صحة متوسطي العمر من أبناء الآباء الذين ماتوا قبل هذه السن. والدراسات من هذا النوع حول متوسطي العمر من أبناء المئويين والمئويين الفائقين أظهرت بالتأكيد أنهم يتمتعون بصحة أفضل من المعتاد، ولكن هذا قد يكون راجعا فقط إلى أنهم تعلموا منذ الطفولة اتباع نظام حياة صحي مكّن آباءهم من أن يعيشوا عمرا طويلا. ومن الممكن أن يكون الأمر لا علاقة له بالجينات. وقد توصلت دراسة أُجريت في ليدن بهولندا إلى طريقة لاختبار ذلك[6].

تتبعت دراسة ليدن لطول العمر عائلات كان من نسلها اثنان أو أكثر وصلوا إلى سن 90، وقارنت معدل الوفيات بها، والحالة الصحية، وصحة أبنائها متوسطي

العمر مع حالات مماثلة لاختيارات عشـوائية من غير المعمرين ونسلهم. ربما يكون وصول شـخص في عائلة ما إلى سن التسـعين مجرد مصادفة، ولكن الاحتمال ضئيل للغاية بأن يسـتطيع اثنان أو أكثر الوصول إلى مثل هذه السن المتقدمة بالمصادفة، من دون مسـاعدة من جينات خاصة بالعمر الطويل. ومن ثم فقد أثبتت، بالنسبة إلى أبنـاء غير المعمرين الذين كانت نسـبة الوفيات لديهـم 40 في المائة أقل ممن اختيروا عشوائيا من غير المعمرين، أنها تدعم فرضية أن نسلهم يميل جينيا إلى العمر الطويل. وليس هذا فقط، بل إن والديهم، ونسلهم أيضا كان لديهم متوسط وفيات أقل من غيرهم من السكان بشكل عام[7].

وبعد ذلك، قارنت الدراسـة بين صحة نسـل الآباء المتميزين جينيا وصحة آباء هذا النسل لمعرفة إن كانت الصحة الطيبة المتوارثة مؤكدة بين النسل في فترة أواسط العمـر. وكان منطـق هذه المقارنة هو أن الوالدين قد يشـتركان في نفس أسـلوب الحياة والبيئـة، ولكن الاحتمال بعيد للغاية في أن يكونا من العائلات طويلة العمر نفسـها. ومن ثم، إذا كان وجود أشـخاص غير معمرين في العائلة دليلا على توارث صحـة طيبة، فـلا بد أن يظهر ذلك في مثل هذه المقارنـة. كانت الفروق بين الأبناء وآبائهم صغيرة نسـبيا، ولكنها أظهرت بالفعل التأثير المتوقع لصحة أفضل في نسـل غير المعمرين في أواسط العمر، حيث كانت لديهم مخاطر أقل مما كان لآبائهم من الأزمات القلبية، وارتفاع ضغط الدم، ومرض السـكر[8]. وقد توصلت دراسات أخرى إلى نتائج مماثلة: إن طول العمر الاسـتثنائي يجتمع في عائلات يتمتع أفرادها طوال حياتهم بصحة أفضل من المعتاد بشكل عام.

تـدل هذه الدراسـات على أن البشر لديهـم، من دون شـك، جينات تميل إلى إطالة العمر، وأن الحياة حتى التسعين أو أكثر لا ترجع فقط إلى حظ طيب أو بيئة مسـاعدة، على رغم أهمية كل منهما. ومن ثم، ما هي جينات العمر الطويل؟ هذا السؤال يدور حوله الكثير من الجهد في علم الشيخوخة ومشكلاتها في وقتنا الراهن، لأن الجينات، على الأقل نظريا، أشبه بالمفاتيح التي يمكنها تغيير الحالة من حالة غير مرغوبـة إلى حد ما، إلى حالة مرغوبة أكثر لكي تدعم فوائد الصحة والحياة الطويلة وتقدمها إلى أولئك الذين لم يسـاعدهم الحظ لوراثة مثل هذه الجينات. ولكن، لكي تستطيع أن تدير المفتاح الصحيح، لا بد أن تجده في متاهة من الدوائر الجينية.

اكتُشـف أول جـين من جينات طـول العمر في دودة خيطيـة ضئيلة للغاية، اسـمها المكتوب يصل إلى مـا يماثل طولها ثلاثين مـرة: الربداء الرشـيقة(*). هذا المخلوق الدقيق، الذي يبلغ طوله فقط جزءا واحدا من 32 جزءا من البوصة، هو «سولومون غرندي» علم الشـيخوخة، فهي تعيش حياة مختصـرة للغاية، مثل ذلك الشخص (سـولومون غرندي Solomon Grundy) الذي تحكي عنه تهويدة للأطفـال والذي: «ولد يوم الإثنين، وعُمِّد يوم الثلاثاء، وتزوج يوم الأربعاء، ومرض يوم الخميس، وسـاءت حالته يوم الجمعة، ومات يوم السبت، ودُفن يوم الأحد». وتأثير البيئة في هذه الربداء الرشيقة في الطبيعة لا نعرف عنه أكثر مما نعرف عن الحيـاة العملية القصيرة جدا لسـولومون غرندي. توجد هـذه الديدان في التربة، وتقتات على البكتيريا، ولكننا لا نعرف نوع البكتيريا التي تفضلها. وهي في الأغلب خُنثى hermaphrodites، يحمل معظم أفرادها الأعضاء المذكرة والمؤنثة في ذات الوقـت. فإذا كان الطعام نادرا أو كانت البيئة شـديدة الازدحـام بهذه الديدان، تدخـل الديدان الصغيرة في مرحلة من توقف النمو تسـمى «الكُمُون» (dauer). ومثل البذور في النباتات، تستطيع الديدان الكامنة التفرُّق أو التلاشي، كما تستطيع الاحتـمال والبقاء. وقد عُثر على الكامنـات متعلقة بالحيوانات اللافقارية الصغيرة التـي تعيش في الطين، مثل الحلـزون، واليرقة، والعثة، والـدودة الألفية[9]. وهذا كل شيء. وعنـدما ينُشـر تأبين سـولومون غرنـدي في يوم الإثنـين في صحيفـة مـربي الديـدان Worm Breeder's Gazette[10]، لن يعد ثمة ما يمكن قوله بعد ذلك - إلا إن كنت تريد أن تعرف معلومات عن جيناته. وفي هذا الموضوع، هناك مجلدات ومجلدات من الكتابات في سيرته.

لا تزيد مُدّة حياة الربداء الرشيقة الطبيعية في التربة على بضعة أيام. فإذا ولدت الدودة الخُنثى يوم الإثنين، وحيث لا تعوقها الحاجة للبحث عن وليف وقضاء بعض الوقت في الغزل من أجل تكوين عائلة، فهي تصبح في يوم زواج سـولومون غرندي (الأربعـاء) الأم بلا أب لمائتين من الذرية[11]. لكن حياة الديدان على منضدة التربية داخل المعمل أطول كثيرا، وفي هذه البيئة التي تتمتع فيها بالحماية يمكنها أن تعيش لثلاثة أسابيع وأن تُربى من أجل التجارب. في سنوات العقد 1980 أدت نتائج تجارب

(*) Caenorhabditis elegans.

التربية مع الديدان الناتجة من طفرة إلى زيادة حياة الدودة بدرجة كبيرة، مما يؤكد تأثير الوراثة، ومن ثمّ وجود جينات تختص بطول الحياة.

كان أول مـن اكتشـف جينا مـن جينات طـول العمر توم جونسـون Tom Johnson وديفيـد فريدمـان David Friedman من جامعة كاليفورنيا في مدينة ريفرسـايد[12]. أطلق العالمان على الجين اسـم إيج - 1 (age - 1)، وهذا الجين رفع من معدل طول حياة الديدان التي تحمله بنسـبة كبيرة للغاية، 65 في المائة، وكان ذلك يرجع بشـكل رئيسي إلى تناقص معدل الشـيخوخة (زيـادة في زمن تضاعُف معـدل الوفيات[13] (MRDT). ظهر الجين إيج - 1 في ثلاث طفرات مختلفة لطول الحياة، مما جعل جونسون يظن أن هذا هو الجين الوحيد لطول العمر في الدودة، لكن سرعان ما أصبحت القصة أكثر تعقيدا.

من الطبيعي أن الدودة الأسيرة المتقدمة في العمر تتوه وسط الزحام الكبير من ذريتها المتكاثرة بسرعة، لكن سينثيا كينيون Cynthia Kenyon، عالمة رائدة أخرى في دراسـة جينات التقدم في العمر لدى الربداء الرشـيقة، تصف ما حدث ذات يوم في أوائل العقد 1980 عندما رأت دودة عجوزا لأول مرة:

> تركـتُ صحون الزراعة التي تحمل ديداني المتحورة العقيمة تقريبا في الحضّانة لعدة أسـابيع، ثم نظرت إليها. كان نسلها قليلا للغاية، وكان من السـهل أن أجد الحيوانات الأصلية، ولدهشتي البالغة، رأيت أنها قد بدت عجوزا. هذه الفكرة، أن الديدان تتقدم في العمر، أذهلتني حقا. جلسـت هناك، أشعر ببعض الأسف لها، ثم تساءلت إن كانت هناك جينات تتحكم في التقدم في العمر وكيف يمكن للمرء أن يجدها[14].

وكـما يحدث كثـيرا في العلم، مصادفة تـؤدي إلى ملاحظة، ويدفـع الفضول الذي تثيره تلك الملاحظة إلى اكتشـاف. عندما بدأت كينيون وفريقها غربلة الربداء الرشـيقة المتحورة بحثا عن العمر الطويل بدرجة اسـتثنائية، سرعان ما اكتشـفوا سلالة متحورة مـن جين يدعـى داف - 2 (daf - 2) تعيش عمرا ضعف عمـر الديدان العادية. هذا الجـين نفسـه كان معروفا منذ فترة طويلة بأنه يؤثر في تكويـن الديدان الكامنة، وهو أمر يحدث في أثناء تطور المخلوقات اليافعة، ولكن الآن، بدا أنه يعمل أيضا في الديدان البالغـة لزيادة قدراتها على إطالة البقاء أيضا. ثم اكتشـف الفريق أن هناك جينا آخر

يتدخل في تكوين الكامنة، يسمى داف - 16، وهو أيضا مرتبط بإطالة مدة الحياة. يحافظ الجين داف - 2، في حالته الطبيعية غير المتحورة، على إبقاء الجين داف - 16 متوقفا عن العمل، ويكون مدى حياة الديدان طبيعيا. وهذه الطفرة في الجين داف - 2 تُثَبِّط تأثيره في داف - 16، وبالتالي ينشط هذا الجين ويطيل الحياة[15]. وفيما بعد، ظهر أن الجين إيج - 1 أيضا يؤثر في طول الحياة عن طريق التأثير في الجين داف - 16.

لا تعمل الجينات منفردة، ولكنها تعمل معا متحدة في وفاق. إن مفتاح الإضاءة الموجود في ركن الغرفة جزء من دائرة، ولا يعمل إلا عندما يكون متصلا بمصدر للطاقة وبمصباح كهربي. وبالمثل، لا بد للجينات التي تعمل على تحويل مدة الحياة من الطبيعي إلى ضعف الطبيعي أن تكون متصلة بآلية ما، آلية مسؤولة عن التغيير. كان العثور على أول مفتاح من هذا النوع بالغ الأهمية، لأنه أثبت أن هناك آلية موجودة لإطالة الحياة. وقبل ذلك، كان يبدو كأن علماء البيولوجيا يعيشون في غرفة دائمة الإظلام، غير قادرين على تخيل الضوء، أو أن يتصوروا وجود مفتاح يمكن أن يؤثر في طول الحياة. كانت الفكرة السائدة هي أن الكائنات فقط تبلى بمرور الزمن. ولهذا كان اكتشاف وجود مفتاح جيني يمكن أن يؤدي تحويله إلى حياة أطول معلومة أضاءت الظلام بضوء باهر.

وبمجرد العثور على المفتاح، كان السؤال الكبير هو: ما هي الآلية التي يُشغِّلها هذا المفتاح؟ من المفيد أن نفكر في الجينات باعتبارها مفاتيح، لكنها في الحقيقة أكثر من ذلك. فمثل المفتاح الكهربائي في الدائرة الكهربية، فإن الجين له موقع وسط طريق، ومثل المفتاح الكهربائي، يقوم الجين بالتوصيل أو قطع الصلة. ولكن التوصيلات في المسار البيوكيميائي تتشكل من جزيئات molecules، وليس من أسلاك توصل التيار الكهربائي. وتنتج الجينات هذه الجزيئات إنتاجا مباشرا أو غير مباشر، وبالتالي فعن طريق قراءة شريط الدنا لأحد الجينات يمكن أن نعرف أي جُزَيء ينتجه هذا الجين. ولهذا، ففيما لن يؤدي فحص بنية أي مفتاح كهربي إلى معرفة أي شيء عن الدائرة الكهربية التي يتحكم فيها، فإن فحص شريط الدنا لأحد الجينات يمكن أن نستخلص منه الكثير. وهكذا، في 1997، عندما كانت محاولات حل شفرة الجين داف - 2 جارية، ظهرت مفاجأة أخرى كانت مخبأة.

دل شريـط الدنا للجين داف - 2 عـلى أن هذا الجين مفتاح يمكن أن يُقدح عن طريق نسخة خاصة بالديدان من هرمون الأنسولين[16]. وسرعان ما قاد البحث الذي أعقب ذلك إلى اكتشاف أن المسار المكافئ لإشارة الأنسولين (أنسولين ← داف - 2 ← داف - 16) موجود أيضا في الخميرة، وفي ذباب الفاكهة، وفي الفئران، وأن تثبيط نشاط الجين داف - 2 أيضا يطيل الحياة في تلك الكائنات[17]. ويبدو أن التطور أنتج مسارا إلى حياة أطول على مدى مليار سنة مضت، وحفظ هذا المسار بين حقيقيات النوى حتى يومنا هذا. ولا بد أن الحفاظ على هذا المسار يعني أن له وظيفة مهمة، ولكـن ما هـي؟ لا يمكن أن تكون وظيفته الأولية مجـرد إطالة الحياة، لأنه لو كان ذلـك دائما مفيدا، لكان من الطبيعي أن تصبح متحـورات داف - 2 التي تؤدي إلى حياة أطول هي المعتادة.

أي شـخص يعيش مع مرض السكر يألف الأنسولين ودوره في تنظيم مستوى الغلوكوز في الدم. والغلوكوز هو الوقود الذي يقوم بتشغيل الخلايا، ولكن مثلما يحدث للوقود في سـيارتك أن يطفح ويفيض من المحرك، فمن الخطر أن يرتفع مسـتوى الغلوكوز في الدم إلى تركيز أكثر من اللازم. النوع الأول من مرض السكر ينتج من ضعف إنتاج الأنسـولين من البنكرياس، ويعالج روتينيا بحقن جرعات منظمة من الأنسـولين، ما يؤدي إلى خفض مسـتوى الغلوكوز في الدم. أما النوع الثاني من السـكر، فالسـبب فيه أن الخلايا التي تستخدم الغلوكوز – مثل خلايا الدهون، والعضلات، وخلايا الكبد – تصبح غير حساسـة للأنسـولين، الأمر الذي يجعلها تسـتهلك كمية أكبر من الغلوكوز. ويتصل النوع الثاني من مرض السـكر بالبدانـة، ويمكـن علاجه عادة عن طريـق مزيد من الرياضـة وتغيير العادات الغذائية، ولكن هناك بعض المرضى بالنوع الثاني من مرض السكر تسبب مرضهم عن طفرة جينية في الجين الذي ينشطه الأنسولين في المعتاد. هذا الجين المستقبل للأنسـولين هو النسـخة البشرية من داف - 2. على الرغم من أن مليار سنة من التطور والارتقـاء تفصل بين الديدان الخيطية والحيوانات الثديية، كما تفصلهما عن سـلفهما المشـترك، فهناك جزء وظيفي من داف - 2 الخاص بالديدان تماثل شفرته الوراثية، بدرجة 70 في المائة، الجزء المعادل من الجين مستقبل الأنسولين في الإنسان، على رغم تباعد الجينين في وظيفة كل منهما[18].

كانت وظيفة مسار إشارة الأنسولين insulin signaling pathway في الربداء الرشيقة مفتاحا كبيرا تبيِّن دوره في الحيوانات بشكل عام. يُسمى مسار إشارة الأنسولين «النوع البري» في حالته الطبيعية غير المتحورة، ويقرر مسار إشارة الأنسولين إن كان تطور الدودة الصغيرة سوف يسلك طريقا مباشرا من اليرقة الصغيرة وعبر عدة مراحل وسيطة حتى الدودة البالغة، أو إن كانت اليرقة سوف تدخل في حالة من توقف التطور ككامنة. ولا تستطيع الكامنات أن تتغذى، لكنها تستطيع البقاء فترات طويلة قبل أن تستأنف تطورها إلى مرحلة البلوغ. ويُستحث تطور الكامنة بمخزون الطعام والازدحام، وتشعر الديدان بذلك من خلال أعضاء استشعار في الرأس والذيل. وتتضح وظيفة أعضاء الاستشعار من حقيقة أن الديدان المتحورة التي عُطلت حواسها تعيش مدة حياة أطول، كما أنها تنزع بدرجة أكبر لتشكيل الكامنات[19].

وبالتالي، فإن وظيفة مسار إشارة الأنسولين في الربداء الرشيقة هي استخدام المعلومات الاستشعارية في حالة أن تكون البيئة بحاجة لوضع التطور في أكثر القنوات ملاءمة. في الأحوال الطيبة، عندما يكون الطعام وفيرا، تتكاثر الديدان، ونتيجة ذلك، تموت بعد ذلك بفترة قصيرة، ولكن في الأحوال السيئة، تتحول الديدان إلى كامنات، وتبقى ساكنة حتى تتحسن الأحوال. وأيضا فإن التحور في الجينات التي تستحث التطور إلى كامنات يطيل حياة البلوغ، ربما مصادفة. وليس من المعروف كيف يحدث ذلك بالضبط، ولكن الطفرات المؤثرة في إشارة الأنسولين لها تأثيرات مماثلة في إطالة العمر في الخميرة، والديدان، والذباب، والفئران، وفي كل هذه الأنواع، تتمتع المتحورة منها بحماية أكبر ضد قدر كبير من مخاطر الشيخوخة، بما فيها مرض السرطان[20].

ومن المفارقة أن الطفرة في مسار إشارة الأنسولين، التي تطيل الحياة في مجموعة كبيرة من الأنواع الحية، هي سبب مرض السكر، ومن ثم فهي تهدد الحياة لدى البشر. والسبب في ذلك ليس مفهوما، لكن هناك تفسيرا محتملا هو أن ثمة مستويات أفضل من إشارة الأنسولين، وأن الكمية الصحيحة تختلف بين الأنواع الحية، بل بين الأنسجة المختلفة[21]. كل كائن لديه نسختان من كل جين، كل منهما موروثة عن أحد الوالدين (بما يشمل الكائنات الخُنثى التي تلقح نفسها مثل الربداء الرشيقة،

التـــي تحمل الوالديـــن في كائن واحد). وحتى في الربداء الرشـــيقة، التي تمتد حياتها عندمـــا تحـــدث الطفرة في إحدى نســـختي الجـــين داف - 2، فـــإذا حدثت طفرة في النسختين معا تكون النتيجة قاتلة. وفضلا على ذلك، فإن مسار إشارة الأنسولين أكثر تعقيدا في الثدييات، حيث يرتبط بجينات إضافية يســـتحثها الأنســـولين أو هرمونات شبيهة بالأنسولين تسمى مُعَامِل النمو الشبيه بالأنسولين 1 (insulin - like growth factor 1 [IGF - 1]). والطفـــرات التـــي تحدث بفعل هذا المُعامِل وتســـبب تثبيط نشاط إحدى نسختي الجين، تتصل بحياة أطول في البشر والفئران[22]. هذه الملحوظة توحي بأن الجينات المرتبطـــة بالتنظيم الهرموني للمغذيات (الغلوكوز) والنمو يمكن أن تطيل مدة الحياة في كل الأنواع الحية، بما فيها نوعنا البشري.

وهناك جين آخر يبدو أن له أهمية شاملة تقريبا في تنظيم مدة الحياة استجابة للمغذيات والطاقة المتاحة، وهو الجين الذي ينتج نوعا من البروتين يســـمى «تور» TOR، وهذا الاســـم يتكون من الأحرف الأولى لعبارة «مرمى الرابامايسين» «target of rapamycin». هذا الاســـم الغريب له قصة تلقي الضوء على تاريخه التطوري. الرابامايسين عبارة عن أحد منتجات البكتريا المضاد للفطريات، وقد اكتُشف في عينة من التربة مأخوذة من أبعد جزيرة يســـكنها الإنســـان على كوكبنا، جزيرة رابا نوي Rapa Nui، المعروفة أيضا باســـم جزيرة إيســـتر Easter Island. يُنتج الرابامايسين كجزء من الترســـانة الكيميائية التي تســـتخدمها الميكروبات بعضها ضد بعض. ومن الأمثلة على ذلك المضاد الحيوي البنسلين، فهو مكوِّن مضاد للبكتريا يُطلق في الاتجاه الآخر وينتجه أحد أنواع الفطريات. والمكونات التي تستخدمها البكتيريا والفطريات في حربهـــا ضمن العـــالم المايكرو، متناهي الصغر، هـــي في الأغلب موجهة بدقة إلى مرمى الوظائف الحيوية للعدو. ومن ثم، فعندما أُضيف الرابامايسين إلى المستنبتات التجريبيـــة للخميرة، التي هي فطـــر، لم يكن من المثير للدهشـــة أن معظم الخلايا أصيبت بالتســـمم. أما المثير للدهشـــة فهو وجود خلايا قليلـــة لم تتأثر. كانت خلايا الخميرة المقاومة للتســـمم بالرابامايســـين تحمل طفرة في الجين الذي ينتج «مرمى الرابامايســـين». وظهر فيما بعد أن هـــذا الجين يـــؤدي وظيفة حيوية بالغة الأهمية، ليـــس فقط في الكائنات وحيدة الخلية مثل البكتيريا والخميرة، ولكن أيضا في جميع الكائنات عديدة الخلايا، بما فيها النباتات، والديدان، والذباب، والثدييات.

وفقا للفائدة التي نجنيها من نظرة الإدراك المتأخرة، يمكننا أن نرى أنه، على رغم التاريخ الغريب لاكتشاف الجين «تور» (TOR)، فقد كان من المحتمل أن يكون هذا الجين بالغ الأهمية لأنه كان مستهدفا بالحرب الميكروبية، التي من الطبيعي فيها اختيار الأسلحة الموجهة إلى الأهداف الحيوية. ويمكن أيضا أن نرى احتمال أن يكون موجودا في الكائنات عديدة الخلايا؛ لأن التطور يحافظ على المسارات التي تؤدي الوظائف الحيوية. ولكن ما هي الوظيفة الحيوية الشاملة التي يؤديها الجين «تور»؟ الإجابة هي أنه يتحكم في نمو حجم الخلية بما يتجاوب مع المتاح من المواد الأولية مثل الأحماض الأمينية ووجود جزيئات دالة مثل معامل النمو الشبيه بالأنسولين - 1 [23] (IGF - 1).

وهكذا، نعرف الآن أن «تور» جين مهم مختص بالتحكم في التوازن بين النمو الخلوي وصيانة الخلايا، ومثل مسار إشارة الأنسولين، يمكن التلاعب به لتغيير مدة الحياة في كل الكائنات المعملية المعتادة: الخميرة، الديدان، الذباب، الفئران. أدى إطعام الرابامايسين للفئران البالغة 600 يوم من العمر إلى زيادة مدة حياتها بنحو 10 في المائة[24]. وهذا يساوي في الإنسان إضافة نحو 5 سنوات إلى العمر المتوقع لشخص عمره 50 سنة. وعلى رغم تأثير الرابامايسين في الجين «تور»، يبدو أنه قادر على قلب وتغيير بعض الآثار الضارة للتقدم في السن. وأوضح دليل على هذا حتى الآن يأتي من تجارب مع الخلايا المأخوذة من مرضى بحالة وراثية نادرة للغاية تُعرف بمتلازمة بروجيريا هتشينسون غيفورد Hutchinson - Gifford progeria syndrome، وتختصر إلى بروجيريا أو مرض الشياخ.

تحدث البروجيريا، أو الشيخوخة المبكرة، بنسبة 1 لكل 4 ملايين ولادة تقريبا، وتنجم عن طفرة في جين واحد محدد. يبدو الأطفال طبيعيين عند الولادة، لكنهم يعانون تأخر النمو ومن حالات تتصل بالأشخاص الذين تخطوا الستين أو أكبر، مثل سقوط الشعر وتغضن البشرة، وتصلب الشرايين (atherosclerosis). ويعيش الأطفال المصابون بالبروجيريا 13 سنة فقط، وفي الأغلب يموتون نتيجة نوبة قلبية أو سكتة دماغية. وعلى رغم التماثلات الواضحة مع كبر السن، لا يعتبر هذا المرض مجرد تسارع في عملية الكبر الطبيعية. حيث إن الشيخوخة المبكرة تتسبب عن طفرة في جين واحد، بينما هناك مئات الجينات المختلفة تتصل بالعملية الطبيعية للهرم[25].

ولكن، اكتُشــف أن الرابامايسين يمكن أن يغير تشوهات الخلايا المأخوذة من مرضى البروجيريا[26]. هذا الاكتشـــاف يقدم أملا، ليس فقط لعلاج هذا المرض اللعين، ولكن ربما أيضا للتوصل إلى طريق لتحسين بعض تأثيرات كبر السن العادي على الخلايا[27]. ولســوء الحظ، الرابامايسين نفسه غير مناســب كعقار مضاد للشيخوخة، حيث إنه يثبط الجهاز المناعي، وهو في الواقع يستخدم لهذا الغرض نفسه في زراعة الأعضاء.

كثير من الجينات اليوم معروف أنها تؤثر في مدة الحياة في التجارب المعملية، على رغم أن أهميتها، إن كانت لها أي أهمية، بالنسبة إلى البشر مسألة غامضة في الأغلب. وهنــاك جين واحد يبدو أن له تأثيرا ذا مغزى، وهو الجين أبوي APOE. هــذا الجــين مركزي بالنســبة إلى كيفية قيام الجســم بالتعامل مع الكولســترول والدهــون قليلة الكثافة، وله على الأقل ســبع تنويعــات، أو أليلات alleles، لكل منها تأثيرات مختلفة في مجموعة واســعة من الأمراض المرتبطة بالسن وكذلك في طول العمر. والأليلات المنتشرة في السكان المتحدرين من أصل أوروبي هي المسماة إبســيلون - 2 (ℇ2] 2 - epsilon)، وe3، وe4. والأشخاص الحاملون لنسختين من e4 معرضــون بدرجة أكبر لخطر النوبات القلبية (أمراض القلب والأوعية الدموية cardiovascular disease) والوفــاة عندمــا يصلون إلى عمــر متقدم، من أولئك الذين يحملون الأليلات الأخرى[28]. ولكن، الأشخاص الحاملين لتركيبة من الأليلتين e3 / e4 لديهــم بعض الحماية من السرطان، الأمر الذي يشــكل توازنا مع الخطر الإضافي بالموت نتيجة النوبات القلبية[29].

لحســن الحظ أن نصيحة أوليفر وندل هولمز الأب باختيار أبوين من نســل عائلي يتميز بطول العمر لكي يمنحاك جينات العمر الطويل، ليست الطريقة الوحيدة للوصول إلى حيــاة أطول. أوصى بنجامين فرانكلين (1790 - 1706) Benjamin Franklin بحل عمــلي وأكثر واقعيــة: تناول طعاما أقل. هــذه النصيحة قائمة على الرواية الشــخصية لألفيــس Alvise (المعروف باســم لويجــي Luigi) كورنــاروCornaro، وكان مقاولا إيطاليا عاش في القرن الســادس عشر وكون ثروة كبيرة في بداية حياته واســتثمر ثروته في الانغــماس في الملذات. وعندما بلــغ 35 من عمره، كان بدينــا للغاية وظهرت عليه أعراض يمكن أن تشــير اليوم إلى النوع الثاني من مرض الســكر، فأخبره طبيبه أنه لا بد أن يجــري تغيــيرا جذريا في أســلوب حياته وإلا فلن يعيش أكثر من ســنة واحدة. وفي

الحال، غيّر لويجي عاداته في الطعام والشّراب، وجعل دليله الهادي ألا يملأ معدته أبدا، بل أن يترك المائدة دائما قبل أن يشبع شهيته. وفيما بعد كتب، مدافعا عن أسلوبه في الحياة، كتابا بعنوان Discorsi de la vita sobria [أحاديث حول حياة رشيدة][30]، قائلا إنه بدأ على الفور في الإحساس بأنه أفضل حالا، وأنه في خلال سنة كان قد شفي تماما، وفي قمة الصحة. كانت وجبته الأساسية تتكون من حساء قليل السعرات، يُعرف في المطبخ الإيطالي اليوم باسم بانادو panado، بالإضافة إلى كوبين من النبيذ في اليوم. كانت هذه الوجبة تمده بما بين 1,500 و1,700 سُعر حراري تقريبا في اليوم[31]، وهذا أقل بدرجة ذات مغزى من رقم 2,000 كالوري التي يُنصح بها اليوم باعتبارها الغذاء الكافي للإنسان. ويمكن أن نقول اليوم إن لويجي كورنارو مارس ما يصفه الأخصائيون في البيولوجيا اليوم بالحمية الغذائية (dietary restriction [DR])، بتناول ما يكفي من الغذاء فقط للحماية من سوء التغذية.

عاش كورنارو ليجني عُمرا تجاوز 83 سنة، وهو ضعف متوسط العمر المتوقع الذي كان سائدا في أي مكان في تلك الأيام. وتُرجم كتابه إلى لغات عديدة، وفي النهاية وجد طريقه عبر الأطلنطي، حيث نشر في العام 1793 مع مقال عن الصحة الطيبة بقلم بنجامين فرانكلين، ومع تعريف بالكتاب بقلم الرئيس جورج واشنطن نفسه[32]. لم يكن كورنارو مكتشفا لفوائد الإقلال من الطعام، فهو على أي حال كان فقط متبعا لأوامر طبيبه، ولكن بمزيد من الدقة والإخلاص عما يستطيعه أي منا، لكنه بكل تأكيد أمدنا بنموذج مثالي لاتباع الحياة الرشيدة أو La vita sobria. من الثابت أن هذا النظام الغذائي كان شافيا لمرض السكر لدى كورنارو، ومن المؤكد أنه خفض بدرجة كبيرة مستوى السكر والأنسولين في دمه.

هناك أشخاص يتبعون نموذج لويجي اليوم، يحددون وجبتهم بعزيمة ثابتة بالقدر نفسه. بعض هؤلاء الناس تجري دراستهم حاليا، ولكن الحكم لايزال غير واضح حول إن كان يمكن إطالة حياة الإنسان عن طريق التقييد الشديد للنظام الغذائي بناء على كمية السعرات الحرارية، والمختلف عن مجرد التنظيم الغذائي لتفادي زيادة الوزن. لكن التقييد السعري الكبير للغذاء له تأثيرات جانبية سلبية أيضا. فالأشخاص الذين يمارسونه يشعرون بالبرد دائما، ومفهوم أنهم تنقصهم الطاقة، كذلك تقل لديهم كثيرا الشهوة الجنسية[33]، وهي أعراض تتشابه بدرجة عجيبة مع حالة الكمون

لدى الربداء الرشــيقة. وأنا شخصيا أتفق مع وودي ألن Woody Allen، الذي قال: «يمكنك أن تعيش حتى 100 ســنة إذا تخليت عن كل الأشــياء التي تجعلك ترغب في الحياة حتى 100 ســنة»[34]. والأمر ذو المغزى هو أن الحمية الغذائية الســعرية تطيل الحياة بدرجة كبيرة في تجارب الأخصائيين في علم الشيخوخة مع الأنواع الحية النموذجية التي يفضلونها، بداية من الخميرة حتى الربداء الرشيقة، وذباب الفاكهة، حتى جرذان المعامل، وذلك على رغم ظهور دراســتين مختلفتين باســتخدام القرود كانت نتائج كل منهما تتناقض مع الأخرى[35]. والصورة ليست دائما واضحة بالنسبة إلى أي المســارات الجينية تربط الحمية الغذائية بحياة أطول، وهذه المسارات يبدو أنهــا تتباين بين الأنواع الحية. وحتى بهذه الطريقة، فإن الكائنات المعتادة ســجينة المعامل يجري الزج بها دائما كهدف نهائي: إشارة الأنسولين وشبيه الأنسولين[36].

أريد الآن أن أســتحث الخاصة «الوندلية» داخلي، وأقدم اقتراحا شــبيها باقتراح هولمز، ولكنه خاص بي. عندما نصح أوليفر وندل هولمز الأب، حول أكواب شــايه في عنوانه العصري في شــارع بيكون في بوســطن، أن كل من يرغب في أن يعيش حتى الثمانين ينبغي أن «يضع إعلانا عن أبوين ينتميان إلى عائلة من طوال العمر»، كان ينغمس في خيال شديد التواضع. فلينتم هذان الوالدان إلى عائلتين من الصنوبريات، ويمكنــك أن تعيش 4000 ســنة أو أكثر. النباتات من نوع الصنوبر شــوكي المخروط الموجــود في كاليفورنيــا هي النماذج القصــوى لطول العمــر. وفي الواقع، يمكن أن نتساءل، هل تصاب بالشيخوخة؟

5

العُمْر الأخضر: النبات

القوة التي تســتحث تفتح الزهور من خلال الانصهار الأخضر

وتســتحث عُمري الأخضر؛ تلك القــوة التي تعصف بجذور الأشجار

هي المهلكة لي

والخرس يمنعني من أن أخبر الوردة المعوجة

أن شبابي انحنى بفعل تلك الحمى الشتوية نفسها

ديلان توماس (1934)

حــاول ديلان تومــاس في قصائــده أن يُظهر العلاقات بين شــخصياته بالجمع بين صورهم، بل بدمج تلك الصور أيضا. في رســالة إلى شاعر آخر، كتب يقول: «أظهر في كلماتك وصورك كيف يغطي جسدك الشجرة وكيف يغطيك جسد الشجرة»[1]. يســعى العلم أيضا إلى سبر الانســجام الكامن في الطبيعة، لكنه منتبه أيضا إلى الاختلافات. فقط في خيال الروائيين، الذين تسيطر نظم الغذاء الصحي على توجهاتهم، تعتبر الوديان الجبلية النائية جنة

«يبــدو أن طــول الحيــاة يتقــرر بناء على تســوية تتســم بالمرونة بــين اختيــارات متعــددة: النمو، والتكاثر، والتجدد»

العمر الطويل للبشر، لكن المدينة الفاضلة في الخيال الإنساني، شانغري-لا، هي حقيقة واقعة بالنسبة إلى النبات. يمكن لأي عالم نبات يبحث عن أشجار معمرة أن يشق طريقه إلى أعالي الجبال البيضاء لولاية كاليفورنيا لتقديم احترامه إلى أشجار الصنوبر المعمرة bristlecone pines المعروفة باسم متوشالح والبطريرك في البساتين القديمة. كانت أقدم شجرة صنوبر شوكي المخروط قد عاشت عمرا استثنائيا بلغ 4789 عاما عندما أخذت عينة من جوف جذعها لحساب حلقات النمو السنوي في منتصف القرن الماضي. وعُثر في نيفادا على شجرة أقدم عمرا، والتي قُطعت خلال محاولة استرداد أداة استخراج العينات الجوفية التي تستخدم لتحديد عمرها عندما انكسرت في يد طالب متحمس للغاية[2].

معظم الأشجار الأقدم في أمريكا الشمالية تنتمي إلى الغرب، لكن هناك استثناء جديرا بالملاحظة وهو أن: شجرة الأرز الأبيض الشرقية التي تنمو بلا رادع في غابة طبيعية هي شجرة قصيرة العمر تنضج في 80 صيفا، غير أنك إذا توجهت منحدرا إلى واجهة جُرف نياجرا في أونتاريو بكندا، حيث تنمو عينات شرسة من النوع نفسه، فستجد أن أشجار الأرز البيضاء الشرقية بها نحو 1800 دائرة سنوية[3]. عندما تعيش الشجرة في صدع صخري شامخ، خاضعة لقسوة الجفاف، ونقص التربة التي لا تقدم إلا غذاءً محدودا لا يكفي، ومعرضة لأخطار الانهيارات الجليدية والصخرية التي تمزق الجذور والسيقان كأنها مروّض لا يرحم لتقزيم النباتات (لتربية أشجار البونساي)، فغالبا ما تتباطأ حياة شجرة الأرز حتى التوقف تقريبا، كأن الرياح التي تعوي حول المنحدر شبه العاري، حيث تحيا شجيرات الأرز حياة محفوفة بالمخاطر وهي متشبثة بصخرة، تهمس بالشعار الروحي الذي ردده لويجي كورنارو: «تناول طعاما أقل... تعش عمرا أطول».

يبدو من المؤكد وجود ارتباط عام بين النمو البطيء وطول العمر، فالرخويات ثنائية الصدفة، التي يصل عمرها إلى ما يقرب من نصف قرن في المياه الباردة شمال الأطلنطي، تنمو ببطء وثبات. وأشجار الصنوبر الشوكي العتيقة- التي تبدو عليها ملامح كبر السن: من خضرة ضئيلة، وجذوع تظهر عليها آثار تتابع الفصول وأفرع ملتوية نال منها المناخ القاسي- تنمو ببطء شديد. أما الشيء المشترك بين هذه الكائنات: الرخويات ثنائية الصدفة والصنوبر شوكي المخروط،

فهـو نموها غـير المحدود: فمهما كان نموها بطيئا فإن قدرتها على الاستمرار في النمو لا تتوقف أبدا.

وعلى الرغـم من أن النمو غير المحدود نادر بـين الحيوانات- يقتصر على كائنات بحريـة مثل بعض الأسـماك وسرطان البحر والمرجانيات والرخويـات- فهو عام تقريبا في النباتات، إذ إن النمو في النباتات والشـعاب المرجانية غير محدود بسـبب بنية هذه الكائنات. حيث يتكون كل منها من سلسلة من الوحدات المتصلة؛ هذه الوحدات هي البراعم في النباتات والنموات شـبه الحيوانية zooids في الشعاب المرجانية، وكل وحدة مـن تلك الوحدات قادرة عـلى إنتاج وحدات إضافية يمكن أن تضيف إلى حجم النبات أو المرجـان ويمكنها أن تحـل محل الوحدات الميتة. ونتيجة لذلك فإن أقدم الشـعاب المرجانية التي تعيش في المياه العميقة يمكن أن تعيش لآلاف السنين[4].

مـن الواضح أن أرسـطو فهـم أهمية النمو غـير المحدود عندما كتـب أن الحياة الطويلة للنباتات ترجع إلى قدرتها على تجديد نفسها. بيد أن الفيلسوف اليوناني القديم لم يكـن يعـرف كيف يفعـل النبات ذلك. مـن الغريب أن نقول إن الجـزء الأكبر من أي شـجرة ميت، ففـي الجذع طبقات الخلايا الخارجيـة الواقعة تحت القشرة مباشرة هي الحية. توجد طبقة تحت القشرة مباشرة تُسـمى اللحاء الداخلي phloem، وهذه الطبقة هي المسـؤولة عن توصيل السـكريات من الأوراق إلى الجذور أسـفل النبات. وتحت طبقة اللحاء طبقة من الخلايا في حالة انقسـام دائم تسمى طبقة الكامبيوم أو القلب cambium. هذه الخلايا المنقسمة هي المسؤولة عن إنتاج طبقة اللحاء الداخلي على السطح الخارجي لطبقة الكامبيوم؛ وعلى السطح الداخلي للكامبيوم تنقسم الخلايا لإنتاج طبقة تسـمى الزيلم xylem (النسـيج الخشـبي، أحد أوعية النقل في النبات). تقوم خلايا الزيلم بوظيفتها الرئيسـية وهي ميتة. فعندما تموت، تشَكِّل أوعية مجوفة تتصـل أطرافهـا بأنابيب متصلة، لتنقل المياه من الجـذور إلى الأوراق وإلى كل الأجزاء الحية الأخرى في الشجرة.

ومعدل انقسـام الخلايا في طبقة الكامبيوم تحت رحمة البيئة، ويتغير مع المواسم ومن سـنة إلى أخرى. في المناطق المعتدلة يكون انقسـام الخلايا في طبقة الكامبيوم في قمة نشـاطه خلال فصـل الربيع، وفي هذا الفصل تنتج أوعيـة ذات قطر كبير. وبمرور الشـهور تنخفض درجات الحرارة ويقل الماء المتاح، فتكون أوعية الزيلم المنتجة أضيق

وأضيق، حتى يتوقف النمو مع حلول الشتاء، ثم مع قدوم الربيع تتكرر الدورة كاملة. وتنشأ من تجاور الأوعية الضيقة التي تنتج مع نهاية العام مع الأوعية المنتفخة التي تنتج في الربيع التالي، حلقة نمو واضحة يمكن مشاهدتها في المقطع العرضي للجذع. وتمثل الحلقة الواحدة مرور سنة من حياة الشجرة.

وأنت بحاجة فقط إلى زيارة شانغري-لا النباتية في جبال كاليفورنيا لترى العلامات الموجودة على الأشجار العجوز، والتي تشير إلى ما عانته في حياتها الطويلة. خذ على سبيل المثال البستان في حديقة أشجار السيكويا الوطنية حيث تنمو الشجرة العملاقة ذات الخشب الأحمر المعروفة باسم جنرال شيرمان. يعد بستان شيرمان مكانا لكل من يهوى قضاء إجازة في منتجع صاخب، ومزارا دينيا. والزوار الصاخبون ينافسون محبي الطبيعة الذين يشعرون بما يكتنف المكان من مهابة وروعة، ويتدافع الجميع من أجل فرصة لالتقاط الصور أمام الشجرة العملاقة. هناك تقف الشجرة، التي تبلغ من العمر 2000 عام، ضخمة الحجم يماثل وزنها ست طائرات جامبو. إنها معجزة، وقد نشأت ذات يوم من حبة في وزن حبة الأرز.

جنرال شيرمان، الشجرة التي أُطلق عليها بدهاء اسم بطل عسكري لحمايتها من قاطعي الأشجار في القرن التاسع عشر، تقف مثل أحد أعمدة معبد زيوس الملكي الخاص، عمودا عملاقا محاطا بالخدود والحزوز. يرتقي جذع الشجرة بارتفاع 200 قدم، ويكاد لا يستدق من قاعدته الضخمة، متجها نحو تاج ذابل لم يعد قادرا على أن ينمو أطول من ذلك. والجذع يكاد يخلو من الأغصان حتى منتصف الطريق إلى أعلى تقريبا، غير أن الغابة الهوائية من الأفرع التي تنبت كأفرع مستقلة من جانبها تمدها بما يكفي من القوت عن طريق عمودها الأصلي الذى ينمو محيطه كل عام بحجم كتلة خشبية ضخمة تكفي لصنع شجرة بلوط كبيرة الحجم.

ما سر طول عمر الخشب الأحمر العملاق؟ ليست هذه الشجرة من أنواع الأشجار الأطول عمرا التي يصل عمرها إلى ألفين أو ثلاثة آلاف عام، لكن لا شيء يعيش ألفي عام من دون النجاة من أحداث أدت إلى مقتل معظم الكائنات الأخرى، وهناك علامات على حدوث معدلات فناء عادية في الغابة المحيطة. الأرض مكسوة بالجذوع الساقطة من الأشجار التي لقيت حتفها فقط منذ عدة مئات من السنين. وبين الجذوع ركام من النباتات الصغيرة جدا التي تنبت، وتزهر، وتطلق البذور، وتموت، كل ذلك في أقل

من عام. الدب الأسـود، الذى يمزق بمخالبه القوية الخشـب العفن للجذوع السـاقطة للحصـول على يرقات الخنافس، وحش ضخم لا يتهدده أعداء طبيعيون، غير أنه يعيش فقط خمسـين عاما إذا كان سـعيد الحظ. نحن البشر في الحالة الطبيعية نسـتطيع أن نكون أفضل قليلا. يمكن أن يصل عمر من يعيشون على القنص والجمع إلى 70 عاما[5].

والخشـب الأحمـر به نـدوب معركته التي خلفها سـقوط الأغصان حـال فنائها. «الجنرال شـيرمان» ورفاقها من الأشجار العجوز المحيطة به، كلها بها آثار جراح ضخمة مثلثة الشـكل، تمزقات في لحاءاتها بفعل النيران. هذه الأسـافين بلون الفحم الأسـود، الموجودة تقريبا على قواعد كل الشـجر الأحمر العمـلاق، تعلو بارتفاع طابق أو اثنين وتتغلغل في اللحاء السـميك بشـكل مستقيم حتى الأوعية الخشـبية الناقلة للعصارة. والندوب شـاهد ليـس فقط على محاولة النـار، بل على انتصار الأشـجار عليها أيضا، فأشجار الخشب الأحمر لها لحاء قوي مقاوم للنيران.

وتبدو أشـجار الصنوبر شـوكي المخـروط العتيقة أقدم من ذلك أيضـا، وأكثر تأثرا بالعوامـل الجوية، والأكثر تعرضا للأحداث القاسـية خلال أعمارهـا الطويلة. هل مثل هذه الأشـجار القديمة تعاني من الشـيخوخة؟ القليل جدا من هذه الأشـجار يمكنه أن يجيب عن هذا السـؤال باسـتخدام زيادة في معدل الوفيات بسـبب التقدم في العمر كدليـل على الشـيخوخة، كما فعلنا مع الأنواع الأقصر عمـرا، لكن بدلا من ذلك يمكننا أن نبحـث عن ضعف في الوظائف الحيوية. وعلى نحو لافت للنظر بشـدة، كشـفت دراسـة من هذا النوع قارنت بين الصنوبريات شـوكية المخروط العجوز التي عاشـت لآلاف السنين وصغار عاشت لعدة عقود فقط، وكشفت أن طبقة الكامبيوم في الأشجار القديمة تنمو بنفس درجة نشـاطها في الأشـجار الشـابة، كذلك معدل النمو في إخراج براعم جديدة. حتى حبوب اللقاح والبذور التي تنتجها الأشـجار القديمة كانت بنفس حيوية مثيلاتها في الأنواع الصغيرة[6]. وتعطي الأغصان شـديدة الالتواءات والخشونة في الصنوبريات شوكية المخروط العجوز انطباعا خادعا بالتداعي والضعف، غير أنه بسبب التدفئة الحديثة للمناخ بالقرب من سلسـلة الأشـجار حيث تعيش، تنمو تلك الأشجار القديمة الآن أسرع من أي وقت مضى خلال الـ 3700 عام الأخيرة[7].

جميع الأشـجار طويلة العمـر صنوبرية، لكن لا يوجد منها سـوى 627 نوعا على مسـتوى العالم[8]. هذا الرقم المنخفض والدقيق في الواقع ربما يرتفع بدرجة قليلة جدا

مع الاكتشـــافات الجديدة مثل شـــجرة صنوبر وولمي Wollemi pine، التي اكتُشـــفت أخـــيرا في العـــام 1994 وهي تنمو في أحد الأودية بالقرب من ســـيدنى، بأســـتراليا، لكن مـــن المحتمل أن يكون الرقـــم بالدقة التي يمكن أن نجدها في أي إحصاء خاص بالأنواع الحية. في المقابل، المجموعة الرئيسية الأخرى من النباتات البذرية هي كاسيات البذور angiosperms أو النباتـــات الزهرية، وهي كثيرة العدد جـــدا وأعدادها بالتحديد غير معروفة ومن المحتمل ألا تكون هناك ســـبيل إلى معرفة ذلـــك. ووفقا لأحد التقديرات هناك نحو 300 ألف نوع من كاســـيات البذور، منها نحو 60 ألفا من الأشـــجار، موزعة بين العديد من العائلات النباتية[9].

تعيش أغلبية أنواع الأشـــجار كاســـيات البذور في الغابات الاســـتوائية. وإذا كانت ثمـــة صفة واحدة تتبـــادر إلى أذهان المؤلفـــين الذين يصفون غابة اســـتوائية، وبخاصة لـــدى لقائهم بها لأول مرة، فهي «البدائية». هذا الوصـــف هو رد فعل طبيعي للظلام الذي يســـود تحت تلك القبـــة العالية المغلقة، والقوام الهائل للأشـــجار الضخمة، لكن مهما كانت الغابة الاســـتوائية قديمة، فكم يبلغ عمر الأشجار نفسها؟ يمكن الإجابة عن هذا الســـؤال بسهولة بالنسبة إلى أشـــجار المنطقة المعتدلة عن طريق إحصاء الحلقات السنوية النامية، لكن في المناطق الاستوائية لا يوجد شتاء قارس يؤدي إلى وقف موسمي لنمو الأشـــجار، لذلك كان يُعتقد لفترة طويلة أن الأشـــجار الاســـتوائية ليس بها حلقات نمـــو ســـنوية. في الواقع هذا الافتراض ينطوي على تبســـيط مُخلّ، فعـــلى الرغم من أن التغـــيرات الحـــادة جدا في النمو التي تُرى في أشـــجار المنطقة المعتدلـــة قد لا تظهر في الأشـــجار الاستوائية، فإن الأشـــجار الاســـتوائية لا تنمو بمعدل منتظم على مدار السنة. معظم البيئات الاستوائية تحدث بها بعض التغيرات الموسمية الخاصة بالإقليم المناخي، وهذه التغيرات تحدث نتيجة كمية سقوط الأمطار وليس بسبب تغير درجات الحرارة. وتؤثر هذه التغيرات الموســـمية على نمو الأشـــجار وتترك خلفها تغـــيرات تدل عليها في خشب الأشجار الاستوائية. وبمقارنة تغيرات النمو في الخشب بقياسات دقيقة جدا لنمو الجذع، وباستخدام إحصاءات متكررة للأشجار التي توضع عليها العلامات، وعن طريق اســـتخدام الكربون المشع في تأريخ عمر الأشـــجار، قُدرت في الوقت الحالي أعمار الكثير من الأشجار الاستوائية[10]. وتسببت النتائج في مشادة رائعة بين أبناء قبيلة المتخصصين في تسجيل أعمار الأشجار الاستوائية.

في العام 1998 قدَّرت دراســة عن آشــجار قُطعت بناء على امتياز لقطع الأشــجار وســط الأمــازون، أن أكبر الأشــجار التي تنتمــي إلى نوع يســمى كارينيانــا ميكرانثا Cariniana micrantha، ضمــن عائلــة أشــجار الجوز البرازيليــة، عمرها لا يقل عن 1400 سنة[11]. كان لدى أقدم الأشجار معدل نمو عمري لقطر الشجرة يبلغ فقط 32/1 بوصة في العام، مقارنة بنمو يزيد على ذلك بســت مرات في الأشــجار التي يبلغ عمرها 200 ســنة فقط. أثارت هذه النتائج جــدلا عند نشرها، حيث من المعروف أن الغابات الاســتوائية ذات طبيعة دينامية عالية، ومعدلات موت الأشجار الاستوائية عالية نتيجة العواصف والأســباب الأخرى التي تؤدي إلى تجديد الغابة بأكملها كل 400 عام أو نحو ذلك[12]. كيف يمكن للأشجار أن تكون أكثر قدما بكثير من الغابة؟ تعيش بعض الأشجار الاســتوائية سريعة النمــو جدا لما لا يزيد على بضعة عقود، وليــس لقرون. على الرغم من ذلك، تشــير الدلائل الآن إلى وجود بعض الأشجار الألفية في غابات الأمازون المطيرة وفي أماكن أخرى بالمناطق الاســتوائية[13]، كما تؤكد أيضا أن الأشــجار الأقدم هي الأبطأ نموا[14]. تلك الأشــجار الضخمة القديمة كثيفة الخشــب يبدو أنهــا قادرة على البقاء في المناخ المتقلب الذي يُهلك بقية الغابة بشكل دوري، وعلى الرغم من ذلك فإن أيًّا منها، حسب ما نعلمه حتى الآن، لا يبلغ ولو من قريب عُمْر أقدم أشجار الخشب الأحمر أو الصنوبريات شوكية المخروط.

هل تهرم الأشــجار الأقصر عمرا؟ من المؤكد أن الأشجار التي لا يمتد عمرها طويلا لا بد أيضا أن تُختصر أعمارها بطريقة أو بأخرى. ولحسن الحظ، لدينا معلومات حول معــدل الوفيات في النباتات قصيرة العمر، بما في ذلك الأشــجار، والبعض، مثل نخلات الأســتروكاريوم المكســيكية Mexican Astrocaryum palm، يموت بالتأكيد بمعدل يزداد مع كبر الســن[15]. وقد أجريت دراســة بنفسي حول مثــال واضح آخر في جبال أديرونداك الواقعة شمال ولاية نيويورك الأمريكية، حيث حياة أشجار الشوح البلسمي balsam firs فــوق جبل الوجه الأبيض تبلغ نهايــة غير متوقعة على الإطلاق. فعندما تقترب الأشجار فوق الجبل من 80 عاما من عمرها، يقتل الجليد ورياح الشتاء القارس أوراقها، وتلك الأشــجار، الشوح البلسمي الأكثر طولا والأقدم عمرا، تموت بأعداد كبيرة وهــي لاتزال قائمة[16]. وعلى الرغم من أن هذا نموذج متطرف مع ســبب بيئي واضح للمــوت، فإنه من المعتاد بالنســبة إلى الصنوبريات والأشــجار الأخرى أن تفقد بعض

فروعهـا مع التقدم في العمر وأن تكتسـب تاجا ورقيا نحيـلا لا يمكننا تغطيته بقمة من الثمار المخروطية تحميه من الثلوج. هل تعاني مثل هذه الأشجار من الشيخوخة، أم إن تداعيها أو ضعفها لا يزيد على منظر سـطحي فقط، كما الحال في الصنوبريات الشوكية المخروط؟

هـذه القضيـة جـرى بحثها تجريبيـا عن طريق نقـل البراعم من قمم الأشـجار وتطعيمها على الأشـجار الأصغر سـنا. وتُظهر النتائج في الصنوبريات والأشجار عريضة الأوراق على السواء أن البراعم القديمة تنمو بنفس حيوية البراعم الشابة عند تطعيمها على أشجار شابة[17]. والاستنتاج الذى لا مفر منه هو أنه: أيا كان ما يحُدُّ من مدة حياة الشـجرة، فلا علاقة لعمر الشـجرة بالتدهور في قدرة خلاياها على الانقسام لإنتاج نمو حيوي قوي أو ذرية قابلة للحياة.

وكما الحال في الحيوانات، فإن القدرة على الانقسـام الخلوي في النباتات سـلاح ذو حديـن، فمـن ناحية هو ضروري للتجديد والإصلاح المطلوبـين لحياة طويلة، لكن من ناحيـة أخـرى كل خلية جديدة من المحتمـل أن تكون متحورة. والواقـع أن النباتات تمتلـك مـددا لا حد لها من انقسـام الخلايا، وهو أمر لا بـد أن يضخِّم كثيرا من خطر حدوث طفرة تؤدي إلى انقسـام خلوي خارج عن المألوف. وعلى الرغم من أن التحول في الخلية- مثل مهاجمة بكتيريا معينة، وفيروسـات وحـشرات- يمكن أن ينتج أوراما، فيبـدو أن النباتات منيعة تقريبا على المسـتويات المهلكة من السرطان. يمكننا أن نجد ذلـك في مرجع جيد لجيمس جويس، الذى يقتبس، في روايته «صورة شـخصية للفنان عندما كان شـابا» (A Portrait of the Artist as a Young Man)، قصيدة تافهة[18] من كتاب التهجي:

مات وولزي في دير ليستر
حيث دفنه الرهبان.
الآفة مرض النباتات،
والسرطان أحد أمراض الحيوانات.

غـير أنك إذا كنت تقرأ جيمس جويس، فلن يدهشـك أن تجده يتحدث حول أي موضوع. ولا بد أن أحد الأسـباب التي تجنب النبات الأمراض السرطانية القاتلة هو أن الخلايا النباتية مشلولة الحركة بسبب جدار خلية صندوقي الشكل يمنعها من الانتشار

حول جذع النبات بالطريقة التي تستطيع الخلايا الحيوانية أن تقوم بها. لا يمكن أن تحدث في النباتات ظاهرة النمو الثانوي للورم الخبيث، التي تقتل الكثير جدا من مرضى السرطان. ومن المفترض أيضا أن انقسام الخلية يحدث بشكل أكثر إحكاما في النبات من الحيوان، وذلك بسبب تأثير الخلايا المجاورة في النباتات، الأمر الذى يجعل من الصعب على خلية نباتية واحدة متحورة أن تتكاثر خارج نطاق السيطرة[19].

تحدث طفرات في براعم النباتات، غير أن تأثيراتها تبقى محلية، وبالتالي، فبين الحين والآخر ينتج أحد البراعم نبتة ثم بعد ذلك فرعا مختلفا بوضوح عن بقية النبات. تعرف مثل هذه الأفرع المنفلتة في البستنة بـ «الشواذ»، ومن الممكن إنتاج تشكيلات نباتية جديدة منها ذات قيمة تجارية كبيرة. وقد نشأ العديد من أصناف التفاح والزهور التقليدية بهذه الطريقة[20]. غير أن الطفرة التباينية من هذا النوع نادرة للغاية، ربما لأن الخلايا المتحورة عادة ما تحل محلها أنواع من الخلايا الجامحة داخل النسيج الذي ظهرت فيه[21].

ويبدو أنه بقدر ما يختص الأمر بالخلايا، فإن كل شجرة لديها إمكانية أن تعيش لفترة طويلة، ربما لدرجة الخلود، كما هو الأمر في الصنوبريات شوكية المخروط. لماذا إذن تتفاوت الأشجار في طول الفترة التي تعيشها؟ ترجع معرفة الإنسان بأن الأشجار مختلفة في مدى عمر كل منها إلى زمن أقدم حتى من سر الكون البيولوجي المكتوب على الأرضية العظيمة لدير وستمنستر. وقد عُثر على نسخة من هذه الصيغة لعمر الكون في القصيدة الأيرلندية التقليدية التي تشتهر حتى الآن منذ أربعة قرون قبل عمل «الأرضية العظيمة». تبدأ تلك الصيغة كما يلي: «عام للوتد. ثلاثة أعوام للحقل» وتنتهي بـ «العالم منذ بدايته إلى نهايته يماثل ثلاثة أعمار من عمر خشب الطقسوس»[22]. يمكن أن ينمو فرع الصفصاف في عام، لكن شجرة الطقسوس تنمو ببطء شديد حتى إنها تعتبر بدائية في العمر. وهكذا، يمكن وضع كل الأعمار الأخرى بين عمر عمود الصفصاف وشجرة الطقسوس. وشجرة الطقسوس من الصنوبريات الحاملة لثمار من نوع التوت وتتصل بها أساطير قديمة ومن الصور المحببة لدى الشعراء. كتب ويليام ووردزورث حول أحد الأصناف في منطقة البحيرات الإنجليزية:

هناك شجرة طقسوس مفخرة وادي لورتون،
تقف حتى يومنا هذا وحيدة،
وسط ظلامها الخاص، كما وقفت في الأيام الخوالي

....

وسط محيط واسع وكآبة عميقة،
هذه الشجرة المنزوية! كائن حي
نشأت ببطء شديد، لكي لا تبلى أبدا؛
هي من الشكل وجمال الهيئة
أروع من أن ينالها الدمار[23].

عبـارة وردزورث «كائن حي... نشـأت ببطء شـديد، لكي لا تبلى أبـدا» تحاكي، أو بالأحرى تتوقع، الصلة التي نعلم بوجودها الآن بين النمو البطيء وطول العمر. والواقع أنه لم يمض وقت طويل بعد كتابة هذه القصيدة، حتى قُصفت شجرة طقسوس لورتون نتيجـة عاصفة وتراجعت من 27 قدما نحو وسـطها إلى نصف ذلك، لكن كلا النصفين كانـت له حياة بعد الموت. النصف الذى قُطع أصبح مقعدا، يحمل عجيزة عمدة بلدة قريبـة من كوكرماوث Cockermouth، مسـقط رأس وردزورث. أمـا النصف الباقي فلايزال قائما باقيا في لورتون[24].

بينـما تنمو الشـجرة في القطر، تصبح الأوعية الخشـبية مضغوطة لتشـكيل القلب الخشـبي الصلب لجذع الشـجرة. لم تعد هذه الأوعية توصل المياه، لكنها تسـاعد على إعطاء الجذع قوته الآلية. تختلف الخصائص الطبيعية والكيميائية للخشب بدرجة هائلة بين أنواع الأشـجار، وتحدد كيف تستطيع الشجرة بشكل جيد مقاومة هجوم الفطريات والحـشرات بالإضافة إلى الإصابة المادية التي تحدث بسـبب الرياح والآثار الناجمة عن تساقط أشجار أخرى. وتكشف قاعدة وردزورث لبقاء الأشجار عن قاعدة عامة بالكامل، تصدق على الاسـتوائيات مثلما تصدق في وادي لورتون. فالأشجار ذات الخشب الكثيف الناتجة عن نمو بطيء لديها معدلات موت منخفضة وأعمار طويلة، بينما تلك التي تنمو سريعا، مثل الصفصاف أو البتولا، تعيش عقودا قليلة قبل أن تبلى وتموت[25].

تدافع الأشـجار المعمرة عن نفسـهاً أيضا بمواد كيميائية. على سبيل المثال، الراتنج العطري الذي تنتجه الصنوبريات هو جزء مهم من أسلحتها، حيث يملأ الجروح بمضادات للعفونة عندما تتعرض الشجرة للإصابة. من الممكن أن يحتوي القلب الخشبي الصلب لشجرة صنوبر بونديروسا ponderosa pine على كمية من الراتنج قد تصل إلى 86 في المائة من وزنها[26]. والزيت الذي يُسـتقطر من خشب الأرز الأحمر الشرقي رادع فعال

ضد النمل الأبيض والحشرات المجنحة. وكانت الصناديق المبطنة بالخشب تستخدم بشكل تقليدي في إنجلترا الحديثة لتخزين وحماية الملابس الشتوية من هجمات العثة خلال شهور الصيف. والمُرَكَّبات الدفاعية فيما يبدو تجعل الخشب داكن اللون، لذلك يمكنك أن تقول بمجرد النظر إن الخشب الأبيض الذى يُصنع منه الخشب الرقائقي (الأبلكاش)، على سبيل المثال، يحتاج إلى علاجه كيميائيا لمقاومة العفن. وعلى النقيض، فإن الخشب العطري الأحمر لشجرة الأرز الأحمر الغربي مقاوم بشكل طبيعي للعفن والحشرات، على الرغم من أنه أيضا خفيف الوزن جدا. هذه الخواص تجعله مثاليا للاستخدام في البناء الخارجي. وعندي صوبة مبنية من هذا الخشب المدهش ويمكن أن تشهد على خصائصه التي تتحدى العفن. وتنافس أشجار الأرز الأحمر الغربي الأخشاب الحمراء المنافسة في الحجم والفخامة ويمكنها أن تعيش لتتخطى ألف عام وزيادة. وقد لا يكون مما يثير الدهشة أن الأنواع التي تستخدم الدفاع الكيميائي عن نفسها تعيش عمرا أطول من أقاربها التي لا تدافع عن نفسها كيميائيا ليس فقط بين النباتات، بل بين الأسماك والبرمائيات والزواحف أيضا[27].

حتى بين أفراد من النوع نفسه، يبدو أن القاعدة هي: عش سريعا، تمُتْ صغيرا. ليس هناك تصوير أفضل لهذه القاعدة من شجرة الأرز الأبيض الشرقي، وهي، كما رأينا، ذات عمر قصير وتموت خلال قرن واحد عندما تكون قادرة على النمو السريع في تربة الغابات العميقة، غير أنها تصبح ألفية عندما تُجبر على بذل الجهد لكي تحيا في شق صخري. كشفت دراسات متعددة لحلقات الأشجار أن الأشجار الأطول بقاء بين جماعة من الأشجار هي تلك التي، مقارنة بزميلاتها، حافظت على نمو بطيء نسبيا طوال حياتها[28]. وهذا الاكتشاف مذهل، لأن النمو السريع يصنع نباتات أكبر، وقد يتصور المرء أنها سوف تبقى على قيد الحياة بشكل أفضل، لكن يبدو أن النمو السريع ثمنه مقاومة أضعف للضغوط والشدائد. على سبيل المثال، أثبتت التجارب مع الأنواع المتعددة للأعشاب المعمرة- بما في ذلك نباتات الأرقطيون، والشوك الرمحي (قصوان شائع)، وقفاز الثعلب (القمعية)- أن الأنواع سريعة النمو، تحت الظروف الطبيعية، بقيت على قيد الحياة مثلها في ذلك مثل الأنواع بطيئة النمو من النوع نفسه، وأنتجت بذورا أكثر منها. غير أنه عندما مارس الباحثون بعض الضغط على النباتات بإزالة الأوراق كان النمو والتكاثر اللاحق بالنسبة إلى سريعة النمو أسوأ كثيرا[29]. خزّنت

النباتـات بطيئة النمو الموارد التي اسـتخدمتها الأنواع سريعـة النمو في نموها، وتحت الظـروف الضاغطة كانت النباتات التي وفرت بعض مواردها تمتلك ما يسـاعدها على التعافي أكثر من تلك النباتات التي أسرفت على نفسها.

غالبـا مـا تحدث الوفيات في البيئـات الطبيعية على مراحل. هنـاك أوقات جيدة يمـوت خلالها أفـراد قليلون من جميع الأعمار، وهناك أوقات سـيئة تكون فيها أعداد الوفيات مرتفعة وتؤدي المحن إلى إظهار مواطن الضعف الخفية. شوهد هذا النمط في الدراسات المعملية للربداء الرشيقة، التي أظهرت أن الضغط يمنح النوع البري ميزة على السـلالة المتحورة من الجين داف2-، على الرغم مـن أن الديدان المتحورة تعيش حياة أطول في ظل ظروف خالية من الضغوط[30]. وبالمثل، كشفت دراسة حول الشيخوخة في نبات موز الجنة طويل الأوراق أن الارتفاع المتوقع في معدل الوفيات مع تقدم السن لم يظهر في حالات الصوبات المحمية، بل كان ظاهرا في مجموعات التربية الميدانية عندما يحدث جفاف[31].

تجتذب الأشـجار الكبيرة كل اهتمامات الصحافة بسـبب طول العمر البالغ، لكن هنـاك نباتات تعيش لفترات أطول. ولنأخذ مثالا على ذلك ما قابلته في إحدى الرحلات الميدانية إلى جنوب أفريقيا. في إنجلترا «الملك إدوارد السـابع» هو نوع من البطاطس، لكنه في منطقة رأس الرجاء الصالح في جنوب أفريقيا عبارة عن شجرة في غابة ديابوالي Diepwalle forest. وبقياس يليق بالملوك، نجد أن محيطها يبلغ 23 قدما حول الجذع، وارتفاعها 130 قدما، ويتخطـى عمرها 650 عاما. وترتفع المظلة الرقيقة للملك إدوارد السابع، المكونة من فروع متفرقة، فوق بقية الغابة، كل فرع متوج بعنقود من الأوراق الخضراء الداكنة وملتح بخصلات متدلية من الأشـنة الخضراء والصفراء والمعلقة تحتها بغزارة. وإذا كان لتلك المخلوقات الشـجرية المسـماة «إنت»(*) - الموجودة في أسطورة جـي. آر. آر. تولكين J. R. R. Tolkien - وجود في الواقع، فهي تلك الشـجرة الملتحية السامقة. سوف تقول لك الكتيبات الإرشادية إن هذه الأشجار ذات الخشب الأصفر من جبال آوتينيكوا [32] Outeniqua هي من أقدم الأشجار في جنوب أفريقيا، لكنها ليست كذلك. تتجاوز أشجار الملك إدوارد السابع هذا الامتياز بنحو 10 آلاف عام.

(*) إنت Ent: شـعب من الشـجر المشبه بالإنسـان، جاء ذكره في رواية تولكين الشهيرة Lord of the Rings (ملك الخواتم). [المترجمة].

على بعد 60 ميلا فقط من ديابوالي Diepwalle، في المنطقة القاحلة المعروفة بكارو الصغيرة Little Karoo، مكان يسـمى «المنطقة النائية»، أو فيرجيليجين Vergelegen باللغـة الإفريقيـة المحليـة. زرت فيرجيليجين مع جـان فلـوك Jan Vlok، وهو عالم نبـات يعـرف كارو الصغيرة كما لم يعرفها شـخص آخر. انطلقنا من بلدة أودسـتورن Oudsthoorn، مكان هادئ قابع وسـط كارو الصغيرة. ثنى جان جسده الهزيل خلف عجلة قيادة سـيارته ذات الدفع الرباعي التي تسمى في جنوب أفريقيا «باكى» bakkie وأشعل سيجارته المعتادة، ومع سحابة من الدخان وضغطة على دواسة البنزين انطلقنا.

مضينا لمسـافة 12 ميلا على طريق أسـفلتي، ثم انعطفنا إلى طريـق ترابي باتجاه الجبـال. وأسرع، يلاحقه ذيل من الأتربة الحمراء، بين أسـيجة من الأسـلاك المثبتة في أعمدة مع الأنواع الخاصة بها من شـجيرات الأرض القاحلة. فجأة أوقف جان السـيارة الباكي ونزلنا، وأشار نحو شجرة صغيرة لا تلفت الانتباه داخل السياج مباشرة، وقال: «ها هي شجرة الغواري» gwarrie.

تساءلت «أهي تلك؟» لا شك أن صوتي كان ينم عن خيبة أمل. كان جان قد أخبرني بالفعل أن أقدم الأشجار في كارو الصغيرة كانت صغيرة، لكنني لم أكن مهيأ على الإطلاق لأن أرى شـيئا مألوفا للغاية هكذا فيما قال عنه جان إن عمره عشرة آلاف سـنة. هذه هي القصة التي أخبرني إياها حول الغواري.

منـذ فترة طويلـة في «المنطقة النائية»، عنـد نهاية العصر الجليـدي الأخير، منذ نحو 10 آلاف إلى 12 ألف عام، كان المناخ أكثر رطوبة مما هو الآن، وسـكنت شـجرة الغواري هذه المنطقة شـبه الاستوائية. ولا بد أن كل أشـجار الغواري التي استوطنت كارو الصغيرة كان أساسـها وصول بذرة واحدة، أو على الأكثر عدة بذور قليلة، لأن كل أشـجار الغـواري الحية إلى وقتنا هـذا متطابقة وراثيا. لهذا، لا بـد أن الظروف كانت جيدة للغاية، لأن كل تلك الأشـجار نشأت من هذه البداية المتواضعة. ثم أصبح المناخ أكثر جفافا، وأصبح من الصعب النجاح في إنتاج أشجار جديدة. وقال جان إنه في وقتنا الحاضر تحصل بذور الغواري بين الحين والآخر على ما يكفي من مياه الأمطار كي تنبت، غـير أن النبتات الصغيرة تموت دائما بسـبب الجفاف قبل أن تتمكـن من تنمية جذر يكفي للوصول إلى الرطوبة الدفينة في أعماق التربة الجافة، والتي تحتاج إليها من أجل دعم بقائها. ولا تبقى إلا النبتات الصغيرة التي تنبت براعمها بالقرب من بساتين الخوخ

التي يجري ريها. ونادرا ما يتعدى سـقوط الأمطار في هذا الجزء من كارو الصغيرة 24 بوصـة في العـام وغالبا ما يكون أقل كثيرا من ذلك. وتحتاج نبتات الغواري إلى ثلاث أو أربع سـنوات من الأمطار الجيدة لتصبح ثابتة، وتُظهر تسجيلات المناخ في هذه البقعة أن ذلك لا يحدث أبدا.

هل من الممكن حقيقة ألا تكون هناك أشجار جديدة أضيفت إلى هذا التعداد على مدى 10 آلاف إلى 12 ألف عام؟ إذا كان الأمر كذلك، فإن أشجار اليوم يصل عمرها على الأقل إلى هذه الأرقام، والمجموعة بكاملها نموذج متحفي جرى وضعه في العرض لوقت يبلـغ ضعف زمن أي شيء في أقدم هرم مصري، وضعـف ذلك أيضا ككائن حي. فجأة بـدت الغواري أكثر إمتاعا وجذبا للاهتمام. لكن كيف يمكن لأشـجار الغواري أن تبقى على قيد الحياة كل هذا الزمن؟ الإجابة مختبئة تحت الأرض. كل شجرة تنبت من جذع تحت أرضي كبير الحجم، كبسولة خشبية حية يمكنها أن تنبت وتعيد الإنبات وتستبدل الشـجرة عندما تحترق أو تصبح غذاء لفيل. كنت أتحرق شـوقا لأرى ماذا يرقد تحت الغواري، لكن من الطبيعي ألا يسـتطيع جان أن يتفضل بهذه المنة من دون مسـاعدة من طاقم من العمال، ومالك أرض كريم، وترخيص رسمي يمكنه من التطفل على هذه الأنواع المحمية من هذه النباتات.

والدليل على أن شـجرة الغواري سـجلت رقما قياسيا في طول العمر هو على الأقل في الوقت الراهن مجرد دليل ظرفي، غير أنه مقبول ظاهريا لأن الغواري ليسـت فريدة في ذلك، فلدينا حشيشـة الشحم، وهي شـجيرة تنمو على أرض قاحلة وموطنها الأصلي صحـراوات جنـوب غرب أمريكا. وهي تنتـشر عن طريق الجذور تحـت الأرض التي تتشـعب من الشجيرة وتنمو لتنتج حولها شـجيرات جديدة مطابقة وراثيا للنبات الأم. فالنباتات (والحيوانات التي تعيش في مستعمرات مثل الشعاب المرجانية) التي تتألف من العديد من الأفراد المتماثلة جينيا وبأعداد كبيرة يقال إنها مستنسخات. وكلما ماتت شجيرات حشيشة الشحم الأقدم عمرا تتولد حلقة من أفراد جدد منها والتي، من خلال الإحـلال، تزحف خارج المركز الأصلي مثل موجة صغيرة على سـطح بركة. وتنتقل هذه الموجة الصغيرة ببطء شديد. ومع اتخاذ معدلات النمو الحديثة كدليل إرشادي، نجد أن أكبر حلقة في صحراء موهافي Mojave Desert تسمى «المستنسخ الملك»، وقُدّر عمرها بنحو 11700 عام[33]. وهذا يعنى أن شـجيرات حشيشة الشحم المستنسخة تلك قديمة

مثــل صحراء موهافي نفســها، والتي أصبحت صحراء في نهايــة العصر الجليدي الأخير، وذلك مثل منطقة كارو الصغيرة في جنوب أفريقيا.

يمكن أن تصل النباتات المستنسخة إلى أعمار هائلة[34]، غير أن بعض علماء الأحياء يرون أن المستنسخات القديمة مثل شجيرة حشيشة الشحم، وشجرة الغواري، وأشجار أخرى عديدة تتألف فقط من ســلالات شــابة لأنساب جينية قديمة، هي فئة مختلفة من الصنوبريات شــوكية المخروط أو الخشــب الأصفر في جبال آوتينيكوا وينبغي ألا يُنظر إليها باعتبارها قديمة بالمفهوم نفســه على الإطلاق[35]. هذه النباتات الملكية قد تتــوج الملك إدوارد بالمجد عندما يكون شــجرة قديمة، لكنها قد تُســتبعد عند الزعم بأنها بطاطس مئوية مستنســخة تحمل الاسم نفسه. في الحقيقة، الاختلاف بين الاثنين أقــل كثيرا مما يبدو لأن كل الأجزاء القديمة الحقيقية من أي شــجرة قديمة قد ماتت. فالبراعم الشــابة للأشــجار القديمة هي التي تبقيها على قيد الحيــاة. يمكن القول إن الاختلاف الحقيقي بين الصنوبريات شــوكية المخروط وشــجيرات حشيشة الشحم، أو البطاطــس، هو أن الأفرع التي تصل البراعم الشــابة للصنوبر هوائية، أما التي تربط، أو كانت تربط في وقت ســابق، البراعم الشابة لمستنسخ حشيشة الشحم أو البطاطس فهي تحت أرضية.

ملكية نبيلة أم تمرد تحت الأرض؟ أنا مؤيد للمســاواة بطبيعتي، أما بالنسبة إليك، فعليك أن تقرر لنفســك. لكــن، من الناحية البيولوجية، يبــدو أن كل تلك الاختلافات تنحــدر في النهاية إلى كــم من الوقت يمكن أن تبقى الصلات بين البراعم الشــابة. فإذا كانت الصلات فوق الأرض كما الحال مع الأشــجار فإن متانة الخشــب، على رغم موته، مســألة حاسمة لطول العمر، لأن البراعم تعتمد على الجذع للدعم وللتزود بطريق إلى الجذور. أما إذا كانت الصلات تحت الأرض مثل شــجيرات حشيشــة الشــحم، فيمكن للبراعــم أن يطور كل منها نظاما جذريا مســتقلا، وبالتالي فإن الصلات بين الشــجيرات ليســت بالأهمية نفسها. تختلف نباتات الاستنساخ إلى حد كبير في طول دوام الصلات. في نباتات الفراولة البرية، على سبيل المثال، الصلات قصيرة الأجل، أما في أجمة السرخس العقابي، التي تشكل مستنسخات يبلغ عمرها مئات السنين[36]، فهي تعيش زمنا أطول.

هل المستنســخات طويلة العمر تشيخ؟ هذا الســؤال مثير للاهتمام. صحيح، كيــف لنا أن نعرف إن كانت تشــيخ؟ إن قياس معدلات الوفيات للمستنســخات

العجوز أمر أقرب إلى المستحيل، لكن بالنسبة إلى تلك المستنسخات التي تتكاثر جنسيا من الممكن أن نبحث عن تدهور الوظيفة الجنسية كمؤشر على الشيخوخة. وأجريت دراسة من هذا النوع في كولومبيا البريطانية بكندا، حيث قاست إنتاج حبوب اللقاح القابلة للنمو من أشجار الحور الرجراج التي تنتمى إلى مستنسخات قديمة يصل عمرها إلى 10 آلاف عام[37]. لم يؤثر عمر الشجرة المفردة في خصوبة الذكر، غير أن عمر المستنسخة التي تنتمي إليها كان مؤثرا. وعلى الرغم من ذلك، على مدى 10 آلاف عام كانت نسبة الانخفاض في الخصوبة الذكرية للمستنسخات العجوز فقط 8 في المائة. وعلى الرغم من أن هذا الانخفاض يعتبر ذا دلالة إحصائية كبيرة، فإن البيئات تتغير بشكل جذري على مدى مثل هذا الجدول الزمنى حتى إن هذه الدرجة الطفيفة من الشيخوخة ليست لها أهمية بيولوجية في الغالب. قارن ذلك بالفقدان السريع للخصوبة لدى الرجال، التي تنخفض بمقدار الثلث بين الذين تتراوح أعمارهم بين 30 و50 عاما[38].

هناك مجموعة واحدة من النباتات يمكن أن تكون الشيخوخة بالنسبة إليها، متوقعة، ومفاجئة، ونهائية: وهي النباتات الحولية (السنوية). بعض هذه النباتات، مثل الخشخاش، له أزهار رائعة، لكن نباتات أخرى، مثل نبات خردل أرابيدوبسيس، لها زهور صغيرة جدا غير واضحة هي أقل أثر مستمد من الأجداد. كل هذه النباتات الحولية تنبت، وتضع بذورا، وتموت خلال شهور. فما الذى يسبب هذا التدهور السريع؟ الإجابة بسيطة للغاية، بمجرد أن تفهم كيف تنمو النباتات.

ينشأ نمو النبات من مجموعات من الخلايا المكرسة لوظيفة الانقسام لصُنع مزيد من الخلايا. هذه المنابع التي تنتج خلايا جديدة موجودة أيضا في الحيوانات: إنها الخلايا الجذعية التي تجدد بطانة القنوات الهضمية مرتين أسبوعيا وتحل محل غيرها من الخلايا في جميع أنحاء الجسم. في النباتات تسمى هذه المنابع الخلايا الإنشائية، أو المرستيمة(*). والقلب أو الكامبيوم cambium (طبقة من نسيج خلوي لين) هو طبقة من الخلايا المرستيمية المكرسة لإنتاج الخلايا المتخصصة للحاء والأوعية الخشبية. كل برعم ورأس نامية من كل فرع لها أيضا مرستيمة، والتي تنتج إما برعما جديدا أو زهرة. والبرعم الجديد لديه

(*) الخلايا الإنشائية، أو المرستيمة meristems: نسيج جينى مؤلف من خلايا قادرة على الانقسام غير المحدود. [المترجمة].

المرســتيمة الخاصة به، لذلك يمكن أن يســتمر في النمو بــلا حدود، لكن الزهور ليــس لها مرســتيمة، لذلك عندما ينتــج البرعم زهرة فإن الجــذع أو الغصن لا يستطيع النمو بعد ذلك على المحور نفسه.

النبــات الحولي هو نبــات تتحول كل براعمه المتاحة، بعد حيــاة قصيرة، إلى إنتاج الزهور، ما يؤدي إلى توقف نموه الخضري كليا. هذا الإنتاج التكاثري المتفجر يســتهلك كل مــوارد النبات المتاحة، لذلك فإن أي براعــم باقية لم تتحول إلى حالة الإزهار تفتقر إلى العامــل الضروري للنمو، ويموت النبــات. وعلى النقيض، تبقى النباتات المعمرة من عام إلى آخر عن طريق اســتبقاء بعض براعمها لغرض النمو، وتســمح فقط لجزء من البراعــم القادرة على إنتاج الزهور بالقيــام بهذا العمل. ولا تحدث عملية الإزهار عادة في النباتات المعمرة حتى يكون النبات كبيرا بما يكفي لتحمل تكلفة الإزهار والبقاء على قيــد الحياة، لكن النباتات الحولية تزهر عادة عندما يحل الموســم الملائم لذلك، مهما كان صغــر النبات. وكثيرا ما يحدث، في كثير من الحوليات، حتى في نباتات صغيرة يبلغ ارتفاعها ربع البوصة، أن تفلت منها زهرة تؤدي إلى فنائها.

عادة ما تنطلق عملية التزهير بإشارات بيئية موسمية، غير أن استجابة النبات لتلك الإشــارات، وإلى أي مدى تكون هذه الاستجابة، هي مسائل تتحكم فيها الجينات. ومن ثــم، هناك جينات زهرية تحدد في النهاية إن كان النبــات يتصرف باعتباره نباتا حوليا ويموت صغيرا، أم يسلك كنبات معمر وتتأخر شيخوخته[39]. ومن اللافت للنظر أن حياة النبات الحولي تتشابه بدرجة كبيرة مع حياة ذلك الحيوان قصير العمر المسمى بالربداء الرشيقة. وربما يمتد مجال الحياة لكل منهما نتيجة تحول جيني، ولكن لسبب ما يفضل التطور أن يطلقهما كليهما كزفرة حرّى في نوبة تكاثر.

إذا نظرنا إلى الوراء على المجموعة المتنوعة من الأمثلة حول طول العمر والشيخوخة التي نوقشــت في هذا الكتاب حتى الآن، فســوف نرى أن بعــض النماذج قد أصبحت واضحة، ويتبقى ســؤال واحد كبير من دون حل. ما أصبح واضحا هو أن الشــيخوخة، أو التدهــور التدريجي في الوظائف البيولوجية مع تقدم العمر، هي أحد العوامل التي تحدد طول العمر، لكن ليســت أهمها. ويظهر هذا في نوعنا الأحيائي خاصة من خلال ما حدث من مضاعفة اســتثنائية لمعدل العمر المتوقع على مدى القرنين الماضيين. لقد تأجلت الشيخوخة تدريجيا في جنسنا، لكنها لم تنخفض.

وعلى الرغم من أن معظم الأنواع الحيوانية معرضة للشـيخوخة فيما يبدو، وبعض النباتات والحيوانات النمطية ليست كذلك، يؤثر هذا الاختلاف فقط على العمر الطويل بدرجـة متطرفة، الذي يمكـن لأعضاء هاتين المجموعتين من الوصـول إليه. فالكائنات النمطية الأطول عمرا لديها حياة ممتدة تقاس بآلاف الأعوام (الصنوبريات والمرجانيات) أو عشرات الآلاف من الأعوام (النباتات المستنسـخة)، بينما صاحب الرقم القياسي بين الأعضاء غير النمطيين حيوان رخوي، وهو المحار الأيسـلندي (ocean quahog)، الذى يعيـش بالكاد 500 عام. غير أن معظم أنـواع الحيوانات والنباتات تعيش أعمارا أقصر من ذلك بكثير. وتموت الأنواع النباتية قصيرة العمر مثل الخشـخاش في نهاية 12 شهرا. وبعض الأشـجار قصيرة العمر نسـبيا تبدأ تشـيخ عند بلوغها القرن تقريبا، لكن ذلك لا يحـدث نتيجـة تحديد حقيقي لقدرة خلايا النبات على الانقسـام والنمو، فهو، على العكس، فشل في صيانة الجسم يسمح به النشوء والارتقاء، وربما حتى يفضله.

لقد اكتشـفنا أن التطور لديه القدرة على تغيير طول الحياة. ويمكنك أن ترى ذلك بوضـوح إذا فكرت كـم يختلف معدل العمـر المتوقع بين الأنـواع ذات القرابة، وإذا اسـتخدمنا مثال القوارض فقط فسـنجد أنـه يختلف من عام أو اثنـين في الفئران إلى عـشرة أضعاف ذلك على الأقل في فأر الخلد العاري. هـذا الاختلاف بين الأنواع يبرهن على أن طول العمر له أسـاس جيني، لكن الشيء الأكثر إثارة للدهشـة هو وجود تنوع جيني بالنسـبة إلى طول العمر داخل الأنواع. وكشف تحليل الجينات التي تسبب هذا الاختلاف في الديدان الخيطية عن مفاجأة أخرى: إن الجينات نفسـها، في الأساس، تؤثر على طول العمر من الخميرة وحتى الإنسان. والجينات محل الجدل مسؤولة عن كيف تقوم الكائنات الحية بتنظيم اسـتخدام المواد الغذائية، وكيف أن هذه المواد الغذائية مشتركة بين متطلبات متنافسة من النمو، والتكاثر، وصيانة الجسم.

وهكـذا، في كل الكائنات الحيـة، بما في ذلك النباتات والشـعاب المرجانية، يبدو أن طول الحياة يتقرر بناء على تسوية تتسم بالمرونة بين اختيارات متعددة: النمو، والتكاثر، والتجـدد. هـذه النتيجة تقودنا إلى قضية عويصة نحتـاج إلى بحثها بعد ذلك، وهي: إذا كان من الممكن تأجيل الشيخوخة، وإذا كانت مدة الحياة شديدة المرونة، فلماذا لا يقوم الانتخاب الطبيعي بمحو الشيخوخة وإطالة مدة الحياة إلى أجل غير مسمى؟

6

الحل المتصور:
الانتخاب الطبيعي

هذه أغنيتي من أجل الارتقاء

الحل المتصور

أصل الأنواع

الحياة التي لا تتوقف أبدا

انتصار الجنس البشري

تحرر العقل وانطلاقه

يشير الإصبع في اتجاه واحد

هذا هو الانتخاب الطبيعي

ستيف نايتلي، «الارتقاء» [1]

«ربما يدفع أرستقراطي بريطاني يعيش في العصور الوسطى ثمن إنجاب العديد من الأطفال بالموت مبكرا، بينما في الأحوال المحسّنة للقرن التاسع عشر استطاعت الملكة فيكتوريا أن تلد تسعة أطفال وتعيش حتى 81 سنة»

هناك قصة تقليدية عند الهوسا، وهو شعب من غرب أفريقيا[2]، فيها رجلان عجوزان مسافران معا في رحلة طويلة. كانا يشعران بالحر والتعب، وتهلهلت ثيابهما وامتلأت بالتراب، وفرغت المياه من القرعتين اللتين يحملانهما معهما، فقررا أنهما لا بد من أن يبحثا عن مياه عذبة. ووقعا على مجرى مائي جاف، فتبعاه حتى وصلا في النهاية

إلى نبع يتدفق من الصخور عند سـفح ربوة. وبجوار النبع كان رجل شاب يجلس على صخرة، فسألاه الإذن بالشرب.

أجاب قائلا: «بالطبع، تفضلا. ولكن الأكبر منكما يشرب أولا، فهذه هي العادة هنا».

قال أحد العجوزين: «أنا الحياة، وأنا الأكبر سنا».

أجاب الآخر: «لا، لست الأكبر، فأنا الموت، وأنا الأكبر سنا».

قال الحياة: «هذا لا يمكن، لأنه من دون الحياة لن يكون الموت، ومن ثمّ فأنا أكبر منك سنا».

قـال المـوت: «على العكس، مـاذا كان موجودا قبل أن تولد الحيـاة؟ فقط الفراغ والموت. أنا أكبر سنا منك بكثير جدا».

أدرك الشـاب الجالس بجوار النبع أن هذه المجادلة سوف تستهلك وقتا طويلا من دون أن تصـل إلى حل، ولكن احتراما للحياة والموت جلـس صابرا على صخرته وانتظر أن ينتهـي العطش بأحد العجوزين للتنازل عن بعض كبريائه. في النهاية، التفت الحياة إليه وقال: «حسـنا، أيها الشـاب، لقد سمعتنا نحن الاثنين فيما قلناه. لك أن تختار من منا أكبر سنا، الموت أم أنا».

شـعر الشـاب بالقلق من هذا الطلب، لأنه خشي أن يأخذ جانب أحد العجوزين فيحبط الحياة، بينما لو أخذ جانب الآخر قد يستفز الموت. ومن ثمّ أجاب بديبلوماسية:

> «لقـد اسـتمعت لكل ما قيـل، وكل منكما يتمتـع بالحكمة وتحدث بالحق. لا يمكن أن تكون هناك حياة من دون موت أو موت من دون حياة، ومن ثمّ فأنتما متساويان في العمر. ليس منكما من هو أكبر من الآخر. لا بد من أن تشربا كلاكـما». وبهذا القول، قدم للعجوزين إناء كبيرا مملوءا بماء النبع الصافي، وشربا كلاهما منه بلهفة.

تسود هذه النظرة إلى الموت، ليس فقط بين أبناء الهوسا، ولكن في كل مكان. الحياة والموت رفيقان يسافران معا عبر الزمن، ويشربان من الكأس نفسها. في مرحلة الشباب تسبق الحياة سريعة ساهية عن ظلها الفاني، ولكن بينما يكبر الإنسان، يقترب هذا الظل ويقترب حتى يلحق الموت به. هذه هي التجربة الإنسـانية الشـاملة. كثير من الكُتاب جلسـوا بجوار نفس النبع المجازي، شـاهدين على المنافسة بين الحياة والموت، وقدموا أحكامهم الخاصة. كتبت الشاعرة الأمريكية إميلي ديكنسون (1830 - 1886) تقول[3]:

الموت حوار، بين

الروح والتراب.

يقول الموت: «تلاشي» - تقول الحياة «يا سيدي

ستكون لي فرصة أخرى» -

وفي نغمة دينية مماثلة، نجد الشاعر الإنجليزي في القرن السادس عشر، جون دون (1572 - 1631) يعلن: «أيها الموت، لا تكن فخورا»[4]، فهناك حياة بعد الموت:

فترة نوم قصيرة تمر، ونستيقظ في الخلود

ولن يكون هناك موت بعد ذلك؛ أيها الموت، سوف تموت.

وبالقدر نفسه، يستلهم شاعر آخر النصوص الدينية وفي رهان مع شاعر آخر أيهما سـوف يكتب قصيدة أفضل حول الخلود[5]، كتب ديلان توماس شـاعر ولش (1914 - 1953) عن الموت باعتباره تحررا من الحياة الفانية:

والموت لن يكون له سلطان

الرجال الذين ماتوا عرايا سوف يتحدون

مع الرجل الذي تحمله الرياح والقمر الغربي؛

عندما تُجمع عظامهم نظيفة وتذهب العظام النظيفة،

سيكون لديهم نجوم عند المرفق والقدمين؛

رغم أنهم مجانين سوف يكونون عقلاء،

رغم أنهم غرقوا في البحر سوف يرتفعون مرة أخرى؛

رغم أن أحبابهم فقدوا، فالحب لن يفقد؛

والموت لن يكون له سلطان.

والفكرة نفسـها، أن الموت سـوف يُقهر لأنه سـيموت، عبر عنها الشـاعر الروماني سينيكا Seneca (تقريبا 4 ق.م - 65م)[6]، على رغم أنه رفض بإصرار فكرة وجود حياة بعد الموت:

بعد الموت، لا شيء هناك، ولا شيء، الموت:

هو الحدود القصوى لنفثة التنفس

دع المتعصب الطموح يرقد جانبا

آماله في الجنة، فإيمانه ليس إلا كبرياءه

نظرة سينيكا أقرب إلى نظرة العلم الحديث: الموت هو نهاية الحياة ولا شيء أكثر من ذلك. ولكن، الفضول العلمي يجعلنا نتساءل: «لماذا؟» لماذا لا بد من أن يلحق الموت دائما بالحياة؟ فعلى أي حال، هناك أنواع تعيش طويلا جدا حتى يبدو أنها خالدة تقريبا. وهذه الأنواع هي النباتات بشكل رئيسي، هذا أكيد، ولكن حتى بين الحيوانات، الموت يترك للحياة زماما أطول كثيرا في بعض الأنواع أكثر من أخرى. وفي نوعنا نحن، استطعنا أن نمدد هذا الزمام بنحو 15 دقيقة كل ساعة. ولهذا فإن الأدلة الثابتة تقول لنا إن طول الحياة قابل للتغيير، وإن توقيت الموت، مثل كل شيء آخر في الحياة، يمكن تغييره عن طريق التطور. وهنا يكمن لغز.

الانتخاب الطبيعي، محرك التطور والارتقاء، يفضل الأفراد الذين يتركون أكبر عدد من النسل، ومن ثمّ كيف يمكن للشيخوخة، التي تضعف الخصوبة، وتتسبب في تدهور الجسم، أن تتطور؟ لماذا يسمح الانتخاب الطبيعي بالشيخوخة؟ لماذا لم يحل الانتخاب الطبيعي المشكلة ويجعل الأفراد في كل الأنواع الحية خالدة؟ من العلماء الذين كانوا أول من سأل هذا السؤال في القرن التاسع عشر البيولوجي الألماني أوغست فايزمان August Weismann (1834 - 1914). رأى فايزمان أن التطور يفضل الشيخوخة والموت لأنهما يفيدان الأنواع الحية بإزالة الأفراد البالية، مما يخلي الطريق للأفراد المملوءة بالشباب والحيوية[7]. ولسوء الحظ، كانت هذه الفكرة الجذابة ظاهريا معيبة من ثلاثة جوانب، كما اكتشف فايزمان نفسه في النهاية.

أولا، مشكلة أن الانتخاب الطبيعي لا يعمل من أجل مصلحة الأنواع الحية، وإنما يعمل على العكس من أجل الأفراد، مفضلا أولئك الذين تؤدي صفاتهم الموروثة إلى جعلهم يتركون أكبر عدد من النسل. إن الانتخاب الطبيعي لمصلحة الأفراد قد يفضل أي بديل يتضمن التضحية الخالصة من أجل مصلحة النوع. ولكي ندرك سبب ذلك، فلنتخيل مجموعة من الناس يقوم العجائز منهم بالتضحية بأنفسهم، كما تصوَّر فايزمان، من أجل مصلحة النوع. سوف تظهر إن آجلا أو عاجلا طفرة لدى فرد يحمل جينا دفاعيا ضد التضحية بالنفس. ولأنه يعيش وقتا أطول، فإن هذا المتحور سيتمكن من ترك ذرية أكثر عددا من أي فرد آخر يضحي بالنفس، وعلى مدى أجيال قليلة سوف تتحول التضحية بالنفس إلى موضة قديمة بالية.

وثانيا، هناك مشكلة مع فكرة أن الكائنات تبلى أو تتآكل كأنها آلات. لماذا تستطيع العمليات الحيوية أن تقوم ببطولات مدهشة من التطور مثل تحويل بيضة إلى دجاجة، ثـم تجد صعوبة في إصلاح الدجاجة عندما تكبر؟ ومن ثم فإن الشـيخوخة لا يمكن أن تكـون مجرد أن الكائنات تبلى بسـبب غياب الصيانة والإصـلاح، على رغم أن ذلك قد يحـدث من خلال الإهـمال. ومن ثمّ، إذا كانت الكائنات تبـلى في الظاهر، فإن هذا لا يفسر الشـيخوخة على الإطلاق، ولكنه يغير السـؤال إلى: لماذا يفشل الكائن العجوز في إصلاح نفسه على رغم أن كائنا أصغر يستطيع أن يفعل ذلك؟

هذا السـؤال يكشـف عن المشـكلة الثالثة في نظرية فايزمان: إنهـا دائرية. فهي لا تفسر كيف تنشـأ الشـيخوخة من نقطة بداية حيث لم تكـن موجودة أصلا. وعلى العكـس، تفترض النظرية أن الشـيخوخة موجودة. وجادل فايزمـان بأن التخلص من الأفراد البالية بسبب السن سوف يفيد النوع، لكن هذا لا يفسر لماذا يبلى الأفراد بسبب السـن في المقام الأول. ومن ثمّ فإننا نعود إلى السـؤال الأصلي: لماذا يتسـامح الانتخاب الطبيعي مع الشيخوخة؟

كان الشـخص الأول الذي يخرج بتفسـير تطـوري مقنع وواضح هـو البيولوجي البريطـاني بيتر مداور (1915 - 1987) Peter Medawar، الذي عالج الموضوع في مقال نُـشر بمجلة مغمورة في العام 1946، ثم أعاد تناول أفكاره بشـكل أكثر تكاملا في كتاب نـشر في العام 1952 تحت عنـوان An Unsolved Problem in Biology (مشـكلة غـير محلولة في علم البيولوجيا)[8]. وربما لو أن مداور وضع عنوانه «مشـكلة حُلت في علـم البيولوجيا»، لاجتذب اهتماما أكثر في ذلك الوقـت، لكنه يقول في مذكراته تحت عنـوان Memoirs of a Thinking Radish (مذكـرات فجلة مفكـرة) إنه كان فقط يجرب بحث التطور من أجل التسـلية الفكريـة. وكان في ذلك الوقت يعمل متخصصا في علم المناعة، إن جاز القول، وقد أدت اكتشـافاته في هذا المجال إلى نيل جائزة نوبل في العام 1960. وكان يستحق جائزة نوبل ثانية لحل المشكلة التطورية بتفسير السبب الذي يجعلنا نشـيخ. وقـد قابلت بيتر مداور بنفسي، وإن كان من مسـافة بعيدة وأنا في الصفـوف الخلفية لقاعـة محاضرات، في العام 1979. وفي ذلـك الوقت، كان يتنقل في كرسي متحرك وقد أقعدته سـكتة دماغية. وأصبح تجسـيدا مأسـاويا لجدله الخاص بكيفية تطور الشيخوخة.

وبرهان مداور بسيط وذكي، وعلى عكس نظرية فايزمان متسق تماما مع الانتخاب الطبيعي. تخيل مجموعة من الناس لا يوجد بينهم شيخوخة، حتى إن معدل الوفيات لا يزيد مع التقدم في العمر، وفي هذه المجموعة ينتج الموت بالكامل عن حوادث عرضية. فإذا كان معدل الميلاد ومعدل الوفيات لا يتغيران بمرور الوقت، فإن مثل هذه الجماعة سوف تصل إلى تركيبة عمرية يسود فيها الشباب. سوف يكون الموت الطارئ وحده ضمانا بأن عدد الباقين سوف يتناقص مع التقدم في السن. والتناقص المطرد في صفوف كبار السن يحدث ببساطة لأنه كلما عشت أكثر، كانت فرص تعرضك للحوادث المميتة أكثر. والآن، تخيل أن كل فرد، منذ سن المراهقة حتى كبار السن، يمكن أن يرزق بأطفال. تقدم إلى الأمام جيلا، واسأل كل شخص في هذا الجيل كم كان سن والديه عندما ولد (الأطفال). سيكون معدل السن شابا، والسبب هو أن معظم أفراد هذه المجموعة شباب.

كانت فكرة مداور البصيرة - ولا بد من أن نقول إنها دُعمت ببعض الإشارات القوية من عبقري آخر هو جيه. بي. إس. هالدين (1892 - 1964) J. B. S. Haldane - كانت هذه الفكرة هي أن الحالة التي سبق وصفها سوف تؤدي إلى تراكم طفرات وبيلة تظهر آثارها في وقت متأخر من الحياة. وذلك ممكن لأن مثل هذه الطفرات ستمرر إلى الأطفال قبل أن تصيب آثارها آباءهم. وبالتباين، الطفرات التي تظهر آثارها مبكرا يمكن أن تؤدي إلى إضعاف القدرة على الإنجاب في الآباء، وبالتالي تقلل من فرصة نقلها إلى الأجيال المقبلة.

هناك مثال واضح للطفرة متأخرة التأثير في الجين المفرد المعيب الذي يسبب داء هنتنغتون، والذي لا تظهر آثاره من الخلل العصبي neurodegenerative حتى يصل المرضى إلى الخمسينيات من العمر. وقد ورث المغني الشعبي الأمريكي والناشط السياسي وودي غوثري (1912 -1967) Woody Guthrie هذا الجين عن والدته، وعندما ظهرت أعراض هذا المرض عليه كان قد أنجب سبعة أطفال على الأقل. أما الصحة السيئة الخاصة ببيتر مداور التي قد يكون لها أصل جيني، وربما لا، فهو أيضا أكمل أسرته بأربعة أطفال قبل إصابته بأول ضربة دماغية.

وتحدث في وقت متأخر من الحياة أيضا أمراض عصبية أخرى أكثر انتشارا مثل مرض باركينسون وألزهايمر، وكذلك أمراض أخرى مثل السكتة الدماغية وأمراض القلب والأوعية الدموية والسكر. ودور الطفرات الوراثية في هذه الأمراض أقل وضوحا بكثير

منهـا في مرض هنتنغتون، ولكن حتى لو كانت الوراثة تؤدي دورا صغيرا - على سـبيل المثـال، من خـلال تأثير الجين أبـوي APOE الذي أشرنا إليه في الفصـل الرابع - فإن الطفرات الناتجة سوف تتراكم بما لا يدع فرصة للانتخاب الطبيعي.

وقـد بدأ البشر يتجهون حديثا إلى تكوين أسرهم في وقت متأخر من حياتهم. هذا التأخير قد يتسـبب في أن يبدأ الانتخـاب الطبيعي في العمل ضد الأليلات الضارة، مثل الأليلة أبوي ε4، التي كانت في السـابق تقوم بفعلها الضار في وقت متأخر من الحياة للتأثير على التناسـل. وهكذا، يمكن أن يتوقع المرء أن يبدأ تواتر الأليلة ε4 في التناقص حيث يمكن العثور عليها بشـكل متزايد في ضوء الانتخاب الطبيعي وهو يتقدم بآلياته للتعمق في إطالة مدة حياتنا الإنجابية[9].

وباختصار، كانت فكرة مداور هي أن قدرة الانتخاب الطبيعي على تغيير المستقبل الجينـي تقل مع تقـدم عمر الأفراد، وهـذا بطبيعته يتيح للطفرات التي تتسـبب في الشيخوخة أن تتراكم على مدى الزمن التطوري. ويمكن أن نقول إن الانتخاب الطبيعي يتقاعد مع التقدم في السن.

تقـدم بيتر مداور بمجادلته خطوة أخـرى، موضحا أن بعض الطفرات التي لها آثار نافعة على الصحة والإنجاب في أثناء مرحلة الشباب، ربما يكون لها تأثيرات ضارة في كبر السـن. مثل هذه الطفرات مزدوجة التأثير قد تسـارع من تطور الشيخوخة لأنها ربما تكون في الواقع مفضلة لدى الانتخاب الطبيعي وليس مجرد أنها تتراكم على نحو سلبي. هذه الجينات مزدوجة التأثير التي لها فوائد إنجابية في مرحلة الشباب ولكنها ذات آثار ضارة صحيا في كبر السن، يمكن مقارنتها بأرجوحة الميزان التي يلعب بها الأطفال، حيث تُمثّل الحياة بلوح من الخشـب يصل بين الشـباب وكبار السـن. يؤدي رفع أحد طرفي الأرجوحـة إلى خفض الطـرف الآخر. فالانتخاب الطبيعي يرفع الشـباب، لكنه لا يبالي بالغوص في السن المتقدم الذي ينتج عن ذلك في الطرف الآخر من اللوح.

وتتعلق بالجهاز المناعي مجموعة رئيسـية من الأمـراض التي تصيب البشر عندما يتقـدم بهم العمـر[10]. يعمل الجهاز المناعـي جيدا في مرحلة الشـباب، ويحمينا من الإصابـات ولـه قيمة واضحة في البقـاء. ويعمل التطعيم، الذي خفـض معدل وفيات الأطفـال بنسـبة دراماتيكية خلال المائة سـنة الأخيرة وزاد من معـدل العمر المتوقع، يعمل عـلى تجهيز الجهاز المناعي لمحاربة فيروسـات وبكتيريا معينـة قبل أن تصيب

الإنســان. ولكن عندما يتقدم العمر بالإنســان، يمكن أن يتحول الجهاز المناعي ليصبح شديد الحساسية ومعرضا للتســبب في التهابات في المفاصل ينتج عنها الإصابة بالتهاب المفاصل الروماتويدي.

هناك أدلة جينية على أن الطفرات التي تزيد الاســتعداد للإصابة بالتهاب المفاصل الروماتويــدي كانت مرجحــة في الواقع من خلال الانتخاب الطبيعــي في أثناء تاريخنا التطــوري الحديث[11]. هذا الاكتشــاف يعطي إيحاء قويا بــأن الطفرات المعنية كانت مزدوجــة التأثير ولا بد من أن لها آثارا مفيدة في مرحلة الشــباب. وليس من المعروف متــى بدأ الاختيار، ولكن ربما كان قدوم الزراعة منذ عشرة آلاف ســنة حافزا له، حيث أنها عرّضَت البــشر للعديد من الأمراض الجديدة[12]. زادت الزراعة أيضا بدرجة هائلة من الأحوال التي يمكن أن تنتج اختيارا قويا للطفرات التي تحسّن من استجابة الجهاز المناعي للأمراض، بصرف النظر عن أي عواقب قد تحدث عندما يتقدم العمر.

تابع البيولوجي الأمريكي جورج سي. ويليامز (1926 - 2010) George C. Williams فكــرة الطفــرات التي لها آثار مفيــدة في وقت مبكر من الحياة، وآثــار وبيلة فيما بعد، عن طريق اســتنتاج سلســلة من التكهنات التي قدمتها هذه الصيغة من نظرية مداور التطورية حول الشــيخوخة[13]. والواقع أن التكهنات نفســها تنطبق بالقدر نفســه على نظرية تراكم الطفرات الأبســط عند مداور. فأولا كان التكهن بأنه لكي تنشأ الشيخوخة، لا بــد من أن يحدث في أثناء تكويــن الجنين فصل بين الخط الجنسي germline والخلايا الجســدية soma. ويبدو تعبير «الخــط الجنسي» «germline» كأنه فرع غير صحي من فروع مترو الأنفاق في نيويورك، لكنه في الواقع الخط السلالي للخلايا في الجسم الذي ينتج البويضــات والحيوانات المنوية. أما الخلايا الجســدية فهي بقية خلايا الكائن الحي. ولأن الخط الجنسي هو المسار الذي تنتقل عن طريقه الجينات إلى الأجيال المستقبلة، فإن أي طفرة تضعف الخلايا الجنســية بأي طريقة ســوف تؤدي إلى فناء النوع نفسه. الأمر على العكس بالنســبة إلى الطفرات التي تدمر الخلايا الجســدية لو كان تأثيرها لا يحدث إلا بعد حدوث التناســل. ومن ثم فإن الانتخاب الطبيعي ســوف يتساهل بالنسبة إلى الآثار الضــارة للطفرات التي تتســبب في الشــيخوخة فقط إن كان الخــط الجنسي محميا من تأثيرهــا. ولاحظ أن هذه الطفرات تنتقل في خلايا الخط الجنسي، لكن تأثيرها لا يظهر إلا في الخلايا الجسدية.

والفصل بين خط الخلايا الجنسية والخلايا الجسدية طبيعي في معظم الحيوانات، ومن ثمّ تتكهن نظرية مداور بأن الشيخوخة يمكن أن تنشأ في هذه الحيوانات. ولكن، لا يوجد هذا الفصل بين الخط الجنسي والخلايا الجسدية في النباتات. فالبيض وحبوب اللقاح في الزهرة والخلايا التي تصنع الأوراق والفروع التي تتصل بها كلها لها أصل واحد من الخلايا المريستمية meristem cells التي صنعت البرعم الذي نبتت كلها منه. ومن ثمّ، احتج ويليامز بأن الطفرات التي تتسبب في الشيخوخة لا يمكن أن يرجحها الانتخاب الطبيعي في النبات. وهذه الحجة تفسر الحقب الهائلة التي تستطيع أن تعيشها النباتات، وبعض الحيوانات الشبيهة بالنباتات، مثل المرجان (سبق وصفه في الفصل الخامس). وهناك نباتات، مثل النباتات الحولية، تشيخ بوضوح، ولكن لا بد من أن دورة حياتها تطورت بآلية لا تختص بطفرات مزدوجة التأثير أو تراكم الطفرات. وسوف نلقي نظرة على بعض النماذج المثيرة في الفصل التالي.

وهناك حالة أخرى ضرورية لكي تتسبب الطفرات في إحداث الشيخوخة، وهي أنه ينبغي أن يتناقص عدد النسل المنتج كلما ازداد عمر الكائن. وهذه هي الحالة التي نألفها خاصة مع الإنسان ومع الحيوانات المستأنسَة، مثل الكلاب والماشية، ومن ثمّ قد تبدو عادية، ولكن ربما يكون هناك أنواع حية تبلغ المليون على الكوكب، كل منها يختلف قليلا، وبالتالي لا بدّ من أن نكون على حذر من أن نطلق على أي شيء أنه «عادي». هناك أنواع من الحيوانات والنباتات تتميز بنمو لا يتوقف، ولهذا فهي قادرة على أن تكبر وتكبر مع مرور السنوات، الأمر الذي ينتهك تلك القاعدة. أرجوحة الميزان في هذه الأنواع متوازنة تماما بسبب العدد الكبير من النسل الذي ينجبه الآباء كبار السن، وهذا العدد يجعل الانتقاء الطبيعي لا يلجأ للتضحية بهم تفضيلا لميزة الشباب. وربما يكون النمو بلا توقف، وما ينتج عنه من خصوبة متزايدة مع السن، هو السبب في أن الأشجار المعمرة، وثنائيات الصدفة مثل المحار الأيسلندي من بين الحيوانات، تعيش مثل هذا العمر عظيم الطول.

تطور الشيخوخة يدل على أن الانتخاب الطبيعي لا يهتم إطلاقا إلا بنجاح عملية التناسل. يلقي هذا الاستنتاج الضوء على لغز تطوري آخر: لماذا تتوقف الخصوبة لدى النساء عند الخمسين؟ يحدث انقطاع الحيض حول هذه السن عند جميع شعوب البشر. وتتناقص خصوبة الرجال أيضا بكبر السن، لكنها لا تنقطع فجأة مثلما يحدث

مع النســاء. ومما يضيف إلى هذا اللغز، لا يحدث انقطاع الحيض في أي من أقاربنا من الرئيسيات؛ فأنثى الشمبانزي على سبيل المثال تظل تنجب حتى نهاية حياتها. ومن ثمّ، يبدو أن انقطاع الحيض، على عكس الشــيخوخة، وقف على البشر. ومن الممكن تغيير انقطــاع الحيض إلى العكس بالعلاج الهرموني. في الهند، في العام 2008، أنجبت ســيدة تدعى راجو ديفي Rajo Devi وهي في سن السبعين بعد عملية حقن مجهري[14]. كل هذه الحقائق توحي بقوة بأن توقف الطمث ليس مجرد أثر ثانوي للانتخاب الطبيعي أو نتيجة حتمية للشــيخوخة، ولكن المفارقة أنه لا بد قد نشــأ لأنه يضفي، بطريقة ما، ميزة إنجابية.

وحيــث إن انقطــاع الحيض يوقف عمليــة الإنجاب، لا يمكن لــه أن يضفي ميزة إنجابية ويساعد على نقل الجينات المرتبطة إلا إن كان يفيد الأطفال الموجودين للمرأة أو أحفادهــا. وفضــلا عن ذلك، لا بد من أن يكون حجم هــذه الفائدة أكبر من تكلفة النجــاح الإنجابي في التوقف عن إنجاب مزيد من الأطفال لــدى المرأة. وبعبارة أخرى، عندما يبحث الانتخاب الطبيعي المحصلة النهائية، فإن الفائدة الخالصة، عندما تُحسب بأرقام النســل، لا بد من أن تقع مع توقف الطمث، وليس مع الاســتمرار في الإنجاب. وهناك عاملان يؤثران في هذه الحســبة: الأول، كم عدد الأطفال المتوقع أن تنجح المرأة في تربيتهم بعد ســن الخمســين، وثانيا، أي فرق يمكن أن يحدث لبقاء وتناسل أطفالها الموجودين لو ساعدتهم بدلا من قيامها هي نفسها بمزيد من الإنجاب.

تعتمد الإجابة عن هذه الأســئلة على الأحوال الصحية والاجتماعية السائدة، والتي تحسنت كلها في الفترة الأخيرة، ولكن مع تذكُّر هذا التحذير، لا يزال من الممكن أن نضع تقديرا لكيف كان يمكن أن تتكدس الأعداد في ماضينا التطوري. تنجب معظم النســاء أغلبية أطفالهن قبل الخمســين بفترة لا بأس بهــا، وهناك مخاطر من الإنجاب في هذه الســن. يزداد خطر وفاة الأم في أثناء الولادة مع كبر سن الأم، وكذلك يزداد خطر ولادة أطفال مصابين بمتلازمة داون [ما يُسمى بالطفل المنغولي].

ومــن الصعــب الحصول على بيانات حــول مثل هذه الأرقام لأكــثر من نحو 150 ســنة مضت، ولكن هناك دراسة مهمة تســتفيد من الهوس الإنجليزي الدائم بزيجات ومفروشــات طبقتهم الأرســتقراطية لمتابعة ســجل تكاثرهم منذ 1200 سنة[15]. ومن بين الســيدات والسادة على السواء، عاشت الشــخصيات البارزة أرباب كبرى العائلات

عمرا أقصر، خاصة في الفترة ما قبل العصر الحديث، قبل 1700 ميلادية. وتقريبا نصف السيدات اللائي عشـن حتى 81 سنة لم يرزقن بأطفال على الإطلاق. وحتى إذا تغاضينا عن الموت في أثناء الولادة، كما ينبغي بالطبع مع الآباء، فإن هذه البيانات والدراسات الأخرى تبين أن إنجاب أطفال كانت له بالضرورة تكلفة من طول الحياة طوال معظم التاريخ البشري. فإذا أثرت هذه التكلفة على الأرستقراطيين، فمن المؤكد أنها كان لها تأثيرها على الفلاحين الذين يعيشون حياة أصعب كثيرا.

توحي هذه البيانات بأن مخاطر إنجاب مزيد من الأطفال بعد سن الخمسين يمكن أن تفوقها منافع عدم الإنجاب في هذه السن. فعند بلوغ هذه المرحلة من العمر، تكون أكبر بنات الأم في مرحلة إنجاب أطفالها هي، ومساعدتهن في تربية هؤلاء الصغار يمكن أن يزيد عدد الأحفاد الذين يستطيعون البقاء، وربما عدد الذين سيولدون. وهناك بعض الأدلة التي تدعم هذه النظرية التي يمكن أن نطلق عليها «فرضية الجدة» لتطور توقف الحيض. استخدمت إحدى الدراسات لقريتين في غامبيا، غرب أفريقيا، البيانات التي جمعت قبل إتاحة الأجهزة الطبية هناك، واكتشفت أن الأطفال في عمر من سنة إلى سنتين الذين كانت لديهم جدة لأمهم في العائلة كانت فرصتهم في البقاء ضعف فرصة الأطفال الذين لم تكن جدة أمهم في العائلة[16]. واستخدمت دراسة أخرى سجلات الكنيسة للمواليد والوفيات في الفترة ما قبل العصر الحديث في فنلندا، ووجدت أن الجدات اللائي عشن بعد الخمسين كان لهن أحفاد أكثر عددا من أولئك اللائي لم يعشن حتى ذلك العمر[17]. ولم يكن هناك تأثير لبقاء الأجداد، سواء في غامبيا أو فنلندا، على بقاء الأطفال أو على عدد الأحفاد[18]. ربما يفسر ذلك السبب في أن النساء يعشن أطول من الرجال، فمن الواضح أن الحسابات الغشيمة للانتخاب الطبيعي تعتبر الأجداد زائدين على الحاجة. من اللافت للنظر ندرة الرجال بين المعمرين.

على رغم أن انقطاع الحيض لا يحدث في أي نوع آخر من الرئيسيات، فهو لا يقتصر بالكامل على البشر. إنه يحدث في مجموعة أخرى من الثدييات: الحيتان المسننة toothed whales. تتوقف أنثى حوت الأوركا (الحوت القاتل) عن الإنجاب في نحو الأربعين من العمر، على رغم أنها قد تعيش حتى التسعينيات من عمرها. أما ذكر الأوركا فهو مثل ذكر الإنسان، قادر على الإنجاب طوال عمره، على رغم أنه، أيضا مثل الإنسان، لا يعيش مثلما تعيش الإناث. ومما يستحق الذكر أن دراسة أجريت على

حيتان الأوركا التي تعيش بالقرب من شـواطئ الشمال الغربي للولايات المتحدة وكندا، ووجـدت أن تلك الحيوانـات، التي تعيش طوال عمرها في مجموعات عائلية تسـمى بالقطعـان، تعيش أفضل كثيرا، حتى بعد البلوغ، إذا كانت أمهاتها على قيد الحياة مما لـو كانت الأم قد ماتت. وكان هذا التأثير قويا على وجه الخصوص بالنسـبة إلى الأبناء الذكور، الذين، حتى في سـن الثلاثين أو أكثر، عانوا من زيادة بلغت أربعة عشر ضعفا في الوفيـات في العام التالي لوفـاة الأم مقارنة بالذكور التي عاشـت أمهاتها[19]. وليس معروفا كيف تساعد الأمهات الأبناء الذكور البالغين على البقاء، لكن مزيدا من الأبحاث المستقبلية في سلوكيات حيتان الأوركا قد يكشف لنا الإجابة عن هذا اللغز.

ما الشيء المشـترك بين الإنسـان وحيتان الأوركا والذي قد يتسـبب في هذا التطور المسـتقلّ الخاص بانقطاع الحيض في مثل هذين النوعين المختلفين من الثدييات؟ يبدو أن ثمـة أهمية لخاصيتين مشـتركتين في خلق الأحوال المطلوبة لكي تسـتطيع أنثى بعد مرحلة الخصوبة أن تسـاعد على زيادة النجاح الإنجابي لنسـلها، سواء كجدة (في حالة الإنسان) أو كأم (في حالة حيتان الأوركا). الخاصية الأولى هي أن البشر والحيتان كليهما يعيشـان حياة طويلة. لا يمكن إلا في الحيوان طويل العمر بشـكل اسـتثنائي أن تعيش الأنثى وقتا طويلا بما يكفي لمساعدة أجيال تالية على الإنجاب الناجح.

أمـا الخاصية المشـتركة الثانية، فهي أن كلا من الإنسـان وحيتان الأوركا يعيش في جماعـات عائلية تضـم أجيالا متعددة - قـد يضم قطيع الأوركا حتى خمسـة أفراد. وتخلق العائلات البشرية وقطعان الأوركا الأحوال الاجتماعية التي فيها تكون المساعدة المقدمة من الأكبر إلى من هم أصغر، هي في ذات الوقت مساعدة على نحو غير مباشر في نقـل جيناتها نفسـها إلى الأجيال المسـتقبلة من خلال الأقارب. ولـولا هذا الهيكل العائـلي المتماسـك جيدا، ما كان الانتقـاء الطبيعي ليقوم بترجيح الأنثى التي تسـاعد الآخرين على حسـاب اسـتمراريتها هي نفسـها في التكاثر، وما كانت لتحدث الطفرة المؤدية لانقطاع الطمث[20].

أنتجت المعركة الدائمة بين الجنسين سحابة من التحيز والفكاهة حول مدى معاناة النسـاء والرجال من سوء الصحة. وهناك دعابة منتشرة - ربما هي حتى إدراك مشترك - بأن الرجال يحولون أقل ألم إلى دراما لجذب الانتباه. لكن الدراسـات المسـحية حول الصحة السـيئة عند النسـاء والرجال تروي لنا قصة مختلفة ومفارقة حادة. حيث إن

معدل الوفيات أعلى بين الرجال عن النســاء في جميع الأعمار بالنســبة إلى أعلى اثنتي عشرة حالة من أســوأ الحالات الصحية الرئيسية مثل السرطان وأمراض القلب والأوعية الدموية. ولكن النســاء لديهن معدل أعلى مــن الرجال في الأمراض الوظيفية، وزيارات الأطباء، والبقاء في المستشــفيات. وعند السؤال عن الصحة في أثناء المسح، يقول الرجال إنهم في صحة أفضل مما تقول النساء من العمر نفسه، ولكن معدلات الوفيات تبين أن النســاء هن الجنس الأكثر متانة وقدرة على التحمل[21]. ويكبر النساء والرجال بالمعدل نفســه، لكن الخط الأســاسي أو معدل الوفيات الأوّلي أقل عند النساء من الرجال. وإذا أردت، بطريقــة ذكوريــة نموذجية، أن أعبر عن الحالة على نحــو دراماتيكي مبالغ فيه، فأقول «تولد النساء للمعاناة، ويولد الرجال للموت».

على رغــم أن انقطاع الحيض يبدو ظاهرة تطورية فريــدة، فإن العمليات المؤدية إليه ليســت كذلــك. في مقدمة هذه العمليــات المبادلة التي يجري فيهــا التنازل عن ميزة الإنجاب مقابل البقاء. هذه المبادلة ليســت امتيازا فريدا قاصرا على الأرستقراطية البريطانية؛ في الواقع إنها موجودة أيضا في الخميرة، والنباتات، والديدان، وذباب الفاكهة، والفيروســات[22]، وفي الواقع، موجودة في كل نوع كان موضوعا لبحث أي شخص في أي وقت[23]. ألق بالشــبكة على اتســاع العالم، وســتجد أن المبادلات الخاصة بنوع أو آخر موجــودة في كل مكان، بداية من الشراهة - «لا يمكنك أن تأخذ كعكتك وتأكلها أيضا» - حتى الموســيقى. وقد لخص الموســيقي المعاصر أرنولد شوينبرغ فنه قائلا إنه يتطلب توازنا بين «طلب تكرار المحفزات الممتعة، والرغبة المضادة في التنوع والتغيير»[24].

في ميــزان الانتخاب الطبيعي، يُقاس التوازن بين البقــاء والإنجاب بوحدات تقيس الإســهام في الأجيال المستقبلة، والتي يشــار إليها بتعبير «اللياقة». ولا ينبغي أن نخلط اللياقــة التطوريــة أو الداروينية بذلك النوع الذي تكتســبه بالانتظــام في الذهاب إلى النــادي لممارســة الرياضات البدنية. وقد قــام عالم البيولوجيا التطوريــة جون ماينارد ســميث John Maynard Smith، الذي كان نظره ضعيفــا للغاية حتى أنه كان يضع نظارة بعدســتين سميكتين للغاية، قام بشرح هذه النقطة بفصاحة بالغة لتلامذته. كان قــد اعتبر غير لائق للخدمة العســكرية في الحرب العالميــة الثانية نتيجة ضعف بصره، وكان يمزح بأن هذا العيب ربما أنقذ حياته، حيث إنه رفع «لياقته» الداروينية.

تفــرض المبــادلات ثمنا للحصول على حيــاة أطول لدى الربداء الرشــيقة المتحورة، والثمــن هو لياقة أقل. في ديدان التجارب المعملية ذات الطفرة في الجين داف - 2 وفي

الديدان من النوع البري، اختفت المتحورات ذات الحياة الأطول فقط بعد ثلاثة أجيال لأن إنتاجهـا من البيض في الحياة المبكرة كان أقل مـن الديدان البرية[25]. وهناك جين آخر من جينات الربداء الرشـيقة، ويسـمى الجين سي إل كيه - 1 1 - clk، وهو معطل بطريقة مماثلة[26]. هذه النتائج أمثلة لجزاء اللياقة التي تُكتسب بالإنتاج المبكر (انظر الفصـل الثاني). يُمتدح الرسـفيراترول Resveratrol، وهو أحـد المكوِّنات النباتية، لأنه مصـدر للآثار المفيـدة لشرب كميات متواضعة من النبيذ الأحمر. وقد عاشـت ديدان الربداء الرشـيقة فترة أطول عندما غُذِّيت بالرسفيراترول، لكنها أيضا أنتجت كمية أقل من البيض في حياتها المبكرة[27]. وإنه لأمر مشكوك فيه ما إذا كان هذا التأثير سيثير قلق محبي النبيذ الأحمر أكثر من المخاطر الصحية المعروفة جيدا لإدمان الكحول.

اكتشـف جون ماينارد سميث (صاحب النظارة ذات العدسـتين السميكتين) منذ أكـثر من 50 سـنة أن ذباب الفاكهـة المتحور الذي تنقصه المبايـض يعيش فترة أطول كثـيرا من الذباب البري، مـما يدل على أن إطالة الحياة لها ثمـن يُدفع من التكاثر[28]. وقـد أكدت تجـارب أخرى فيما بعد مع ذبـاب الفاكهة والربداء الرشـيقة، أن الخلايا الإنجابية تنتج إشـارات كيميائيـة تقلب المفاتيح الجينية في المسـارات الجزيئية التي تتحكـم في طول الحياة[29]. إذن، فالمبادلات مثـل طول الحياة وانقطاع الطمث، تجري تحـت تحكم جيني، لكن الفيصل النهـائي في كيف ينبغي أن يكون ترتيب المفاتيح هو تأثيرهـا على اللياقة. هذا التأثير، بدوره، يعتمد عادة عـلى البيئة. قد تبدو دودة ذات جين داف - 2 متحور كأنها فائزة في صحن المختبر، لكنها تنهزم تماما أمام النوع البري في البيئة الطبيعية للتربة[30]. وربما يدفع أرسـتقراطي بريطاني يعيش في العصور الوسطى ثمن إنجاب العديد من الأطفال بالموت مبكرا، بينما في الأحوال المحسَّـنة للقرن التاسع عشر استطاعت الملكة فيكتوريا أن تلد تسعة أطفال وتعيش حتى 81 سنة. ومن المثير للاهتمام أن الحيوانـات في حدائق الحيوان تُربى وتدلل مثل العائلات الملكية، وفي مثل هـذه الأحوال المحببة لا يظهر التأثير الضـار للتكاثر على طول حياة الأنثى كما نراه في الحيوانات الموجودة في الطبيعة[31]. وينبغي ألا نشـعر بالدهشـة من أن البيئة لها كل هـذه الأهمية، لأن اللياقـة الداروينية، على أي حال، تكون أعـلى عندما يكون الكائن متكيفـا مع بيئته. مثل هذا التكيف يمكن أن يرجح تصرفات غريبة بدرجة مدهشـة، ومنها التكاثر الانتحاري، كما سوف نرى في الفصل التالي.

7

تضحية سميلي: الانتحار

جونو: المحك الأهم هو المتعة

التي يمدني بها الانتقام

الحب فقاعة نعاني مشقة في الحصول عليها

وتتلاشى بمجرد امتلاكها

وليام كونغريف، SEMELE (سميلي)،

الفصل الثاني

على الرغم من أنه مات في أرض أخرى، وقبل ألف سـنة من بناء دير وستمنسـتر، فإن روح الشاعر الروماني أوفيد (43 ق.م. - 17 م) تسكن المكان في أشـكال مجتمعة من تراث الشـعراء الذيـن دفنوا ويجـري إحياء ذكراهـم هناك. كان العمل الذي خلد اسـم أوفيد هو قصيدته الطويلـة Metamorphoses (التحـولات، أو مسـخ الكائنـات). تبدأ هـذه القصيدة بخلق الكـون وتنتهي في زمـن أوفيد، ومـن ثمّ فإن موضوعها الأسـاسي الخاص بالتحولات المتكررة هو نـوع من التاريخ التطـوري للطبيعة، وإن

«إن أحاديـة الإنجـاب أسـلوب حيـاة غريـب لكنه كاشـف. إنه الاسـتعراض المطلق الذي يكشف كيـف أن كلفة التكاثـر تحد من مـدة الحياة، وكيف أن الأحوال في البيئة قد تقود إلى تطوير سـلوك إنجابي متطرف ويتسم بالمفارقة»

كان تاريخا أسطوريا. وفي خاتمة تتحدى بصفاقةٍ الأرباب والإمبراطور أغسطس، الذي نفاه من روما، يقول أوفيد إنه الآن وقد اكتملت قصيدته، لا شيء يمكنه تدمير عمله، ولا حتى انتقام جوبيتر، وأنه مستعد للموت متى يأتي، لأنه يعلم أن قصيدته التحولات سوف «تجرفني إلى الخلود، أعلى من كل النجوم. ولن يُنسى اسمي أبدا». ويضيف: «في كل العصور، لو كان للشعراء قدرة على التنبؤ بالحقيقة، فسوف أعيش في شهرتي»[1]. وكان أوفيد على حق.

منذ حكايات كانتربري لتشوسر إلى عاصفة شكسبير وفرانكنشتاين ماري شيلي، نجد الأدب الإنجليزي مشبعا بتأثير تحولات أوفيد، التي يعيد فيها رواية التحولات الانتقامية غالبا التي أنزلتها الآلهة الإغريقية على من ضايقها من البشر الفانين[2]. رفض نرسيس المغرم بنفسه حب الربة إكو فتحول إلى زهرة. وكان أكتيون خارجا للصيد ذات يوم عندما صادف أن مر على ربة الصيد، ديانا، تستحم عارية في غدير بالغابة. ولكي تتأكد الربة ديانا أن أكتيون لن يخبر أحدا بما رآه، حولته إلى وعل، وإذا بكلابه نفسها تمزقه إربا. وهناك تحول أكثر لطفا وهبته الربة فينوس للمثال بيغماليون، الذي وقع في غرام تمثال من صنع يديه - امرأة منحوتة من العاج - فقامت فينوس، إلهة الحب، بمنحها الحياة استجابة لقرابين بيغماليون عند مذبحها. وربما كانت هنرييتا، دوقة مارلبورو، تفكر في هذا التحول عندما كلفت بصنع التمثال العاج الآلي لحبيبها ويليام كونغريف والذي اعتادت أن تتحدث إليه بعد موته. ومن بين أعمال هذا الكاتب غزير الإنتاج مقطع شعري لقصة أوفيد حول مصير سميلي، والتي استخدمها المؤلف الموسيقي هاندل ليبرتو لنشيد علماني (أي في الواقع، أوبرا)[3].

كانت سميلي (وتُنطق على وزن إميلي) ابنة كادموس، مؤسس وملك مدينة طيبة الإغريقية. وهي مصورة على الأواني الخزفية اليونانية القديمة، ولكن قصيدة أوفيد هي أقدم نسخة عاشت حتى يومنا هذا من قصتها. في الأسطورة اليونانية، كان أهالي طيبة دائما يجتذبون انتباه الآلهة، خاصة جوبيتر (والمعروف أيضا باسم «جوف» Jove)، الذي كان مولعا بالنساء من ذلك المكان. ولجوبيتر صورة واضحة: لقد سبق أن أغرى خالة سميلي، واغتصب إحدى جداتها. ومن ثمّ، عندما تُظهر سميلي اهتماما غير صحي بالعبادة عند مذبح جوبيتر، ترى زوجته جونو في الأمر

شـذوذا. وبـكل تأكيد، يخطف جوبيتر سـميلي ويأخذها إلى السـماء، وعند هذه النقطة في أوبرا هاندل يمكن أن نسـمعها تغني فرحا من فوق الغيمة التاسـعة في لحن غنائي:

متعة لانهائية، عشق أبدي
تستمتع سميلي في العُلا!
على صدرها يضطجع جوف،
يرقد رعده الآن بلا نفع؛
صواعقه خاضعة بين ذراعيها
وبروقه تنحني أمام عينيها

تعرف جونو أن جوبيتر نفسه لا سبيل لتقويمه، ومن ثمّ تقرر أن تنزل انتقامها بسميلي، والتي كانت تحمل طفل زوجها. تزور سميلي متخذة هيئة عجوز شمطاء، وتسألها كيف تعرف أن حبيبها هو حقا نفس الشخص الذي يقول إنه هو. الرجال سوف يقولون لك أي شيء للوصول إلى ما تحت ردائك. وتقول لها جونو إن ما ينبغي أن تفعليه هو أن تجعليه يعدك بالكشف عن نفسه في صورته الحقيقية، كما يفعل عندمـا ينام مع زوجته جونو. إنك تسـتحقين أن تكـوني مثلها، أليس كذلك؟ ولكي تتأكد سميلي من أن جوبيتر لن يرفض طلبها عندما يسمعه، تطلب منه أن يعدها بأنه سـوف يجيب أي شيء تريده. وفي ثمالة غرامه بسـميلي، يوافق جوبيتر، لكنه عندما يسمع رغبتها، يكتشف متأخرا جدا أنها بلا وعي منها تطلب الموت، لأنه في صورته الحقيقية صاعقة رعدية. ومكبلا برغبة سـميلي المحتومة القاتلة، يظهر لها جوبيتر في شـكله الحقيقي، وتموت سميلي. هنا حصلت جونو على انتقامها، ولكن القصـة لم تنته عند هذا الحد. من بين رماد سـميلي، ينقذ جوبيتر طفلهما الذي لم يولد بعد، ويغلق عليه داخل فخذه، حيث يكمل فترة حمله. والطفل هو باخوس، إله الخمر والمرح، وقبل أن ينزل الستار، يرفع ويليام كونغريف من الروح المعنوية لمشاهدي أوبراه بهذه الكلمات التي يرددها الكورس:

سعداء، سنكون سعداء،
أحرارا من الهم، أحرارا من الحزن؛

سوف نهنأ بالمتع البريئة من الشعور بالذنب،
لن نتخم أبدا بالحب العفيف،
كل هذا جميل، وسوف نبرهن عليه،
وباخوس هو تاج المتعة ومباهج العشق!

من المحتمل أنك خمنت أن هذه القصة تشير أيضا إلى هدف بيولوجي. قد يكون المواليد سببا للبهجة، خاصة إن كانوا عند وصولهم، مثل باخوس، يحملون مفاتيح خزانة الكوكتيل، أما الجنس فهو ينطوي على مخاطر. وسميلي الأسطورية هي النموذج الأقصى لقانون حديدي يحكم الحياة: الإنجاب له ثمن. ونادرا ما يكون الثمن قاسيا كذلك الذي دفعته سميلي مقابل طفل واحد، ولكن هناك أمثلة كثيرة في الطبيعة التكاثر فيها نذير بالموت. ويطلق البيولوجيون على هذا النمط «semelparity» («أحادية الإنجاب»)(*) بمعنى «شبيه سميلي»، متخذين اسم سميلي نفسها.

تنتشر أحادية الإنجاب (شبيهة سميلي)، أو إن كنت تفضل الانفجار العظيم للتكاثر، عبر المملكتين النباتية والحيوانية. ولكي ترى مثالا نباتيا مذهلا، تعال بصحبتي الآن إلى حديقة كيرستنبوش Kirstenbosch النباتية القومية في كيب تاون بجنوب أفريقيا. اجلس هنا على هذه الدكة التي تحمل لوحة مكرسة لزائر الحديقة المرحوم المسمى ديبتر كيرن Dieter Kern، الذي مات العام 1995 عن 51 سنة. أنا الآن أكبر من ذلك بخمس سنوات، ومن ثمّ فإن هذه الدكة تذكرة شخصية لي بأنني فانٍ. والحق أن الزهور رائعة في حديقة كيرستنبوش، وموقعها مذهل أسفل جبل الطاولة Table Mountain، وستشعر بروعة رقرقة الجدول العذب الذي يجري في جوانبها، ونقيق الضفادع التي تنادي بعضها بعضا، حتى أننا قد نكون فعلا في الجنة. لكن هذا لا يمكن أن يكون، لأن أي تشابه مع الخلود في هذا المكان يتناقض تماما مع الأشجار الواقفة أمامنا تماما. إنها ثلاثة أشجار من نخيل الرافية الجنوبية، وموطنها الأصلي ساحل مابوتالاند، في شرق جنوب أفريقيا. من الواضح أن اثنتين من هذه الأشجار ميتتان، أوراقهما بنية في لون جذوعهما.

(*) المعنى الحرفي للعبارة الأجنبية هو «شبيهة سميلي»، ولكن المصطلح المستخدم عادة هو «أحادية الإنجاب». [المترجمة].

وللذكرى، تركت لنا هاتان الشـجرتان خشبا ليفيا لا يتحمل ولا يقوى حتى على أن يكون دكة واهية، بالإضافة إلى تل من الثمار، لاتزال معظمها متصلة بالشـمعدانين الميتين في قمتهما.

والثمار هي وعد الشجرة بالخلود. الجذع مجرد وسيلة زائلة دورها الوصول إلى هـذا الهدف، ولا يحتاج إلى أن يكون قويا إلا بالقدر الذي يمكنه من تقديم هيكل مؤقت أثناء الحياة. والحقيقة أن الجذع في النخيل لا يزيد إلا قليلا عن مجرد تراكم لأصول الأوراق، ولا يزداد سُـمكا مع مرور السـنوات، كما في الأشجار ذات الأوراق العريضة (والبـشر ذوي البطون العريضة). كل ثمرة في حجم بيضة كبيرة من بيض الدجـاج، ومحاطة بدرع من الحراشـف البنية بلون خشـب الماهوغني المصقول، ومرتبة في شـكل لولبي كحراشف مخروط صنوبر لم يُفتح. وقد اكتسب فيبوناتشي Fibonacci، عالم الرياضيات الذهنية، الخلود لاسمه بسبب اكتشافه بأن مثل هذه النـماذج اللولبية تتوافق مع سلسـلة كل رقم فيها هو مجموع الرقمين السـابقين عليه: 1، 1، 2، 3، 5، 8، وهكذا. وتظهر سلسـلة أرقام فيبوناتشي في الطبيعة مرات ومرات عندما تتكون الأشكال اللولبية.

نخلة الكوسي الوسـطى من بين الثلاثي لم تثمر بعد، ولاتزال تنمو بحيوية بالغة، تتدفـق الأوراق من قمتها كتدفق الماء من نافورة. هذه الأشـجار التي يبلغ طولها ثلاثـين مـترا تنتج أوراقا هائلة طول كل منها عشرة أمتـار تنبت واحدة تلو الأخرى بطريقـة لولبية حـول الجذع. وبينما تنمـو، تخترق نخلة الكـوسي الهواء متطلعة نحو السـماء، وتنتج مظلـة من الأوراق الكبيرة الشـبيهة بالريش، والتي تخرج من تاج سـاق نحيلة، وكأنها منفضة عملاقة مـن الريش تقف متوازنة من أجل أن تملأ السـماء بسـحب متناثرة في غير انتظام. وعندما يصل عمرها إلى 30 سـنة أو أكثر، يتحـول البرعم الفوقي لمنفضة أطلس الريشـية من إنتـاج الأوراق إلى إنتاج مظلة كبيرة كالشـمعدان من الزهور، وبعد قليل تحمل هذه المظلة الثمار التي تحاول أن تبدو في شـكل «الكوز المخروطي». يحتوي مخروط الصنوبر الحقيقي على عشرات البذور، لكن ثمرة الكوسي تصلصل عندما تهزها، وداخل قشرتها السميكة توجد ثمرة وحيدة أشبه بقطعة من العاج. تحمي الحراشف الخشبية الثمرة من الافتراس حتى تنضج فوق الشجرة، ولكنها تتفكك وتتساقط لتحرر الثمرة عندما تصبح على الأرض

لـكي تنبت. تدفع نخلة الكوسي وأنواع كثيرة أخرى من النخيل الثمن المطلق لإنتاج محصـول كبير من البذور الضخمة بالموت أثناء بذل هذا المجهود. ونخلة التاليبوت في جنـوب الهند وسريلانكا هي أكثر الأمثلة إثـارة، حيث تنتج أوراقا أكبر حتى من أوراق الكوسي، ومظلة عملاقة من الثمار قد تصل إلى ثلاثة أو أربعة أمتار على قمة الشجرة، في نهاية حياتها الطويلة.

وأحاديـة الإنجاب منتشرة في مجموعات قليلة من الحيوانات والنباتات، ولكنها نادرة للغاية في غيرها. ومن بين النباتات، يعتبر النخيل الأشـجار الوحيدة التي تتجه لذلك على نطاق واسع، على الرغم من أن هناك حفنة أخرى من الأشجار الاستوائية أحادية الإنجاب أيضا. كثير من أنواع البامبو أحادية الإنجاب، وهذه الأنواع قد تزهر في وقـت معا، ثم تموت عبر مناطق شاسـعة. وفي أوروبا وأمريكا الشـمالية، هناك الأعشـاب أحادية الإنجاب مثل الجزر البري والبوصير والأخدرية، وتعيش مثل هذه الأعشاب في مواطن عشبية وتحتل الفجوات الخالية في البيئة النباتية.

وتنتـشر أحادية الإنجاب بين الحشرات، وبعضها يقضي سـنوات عديدة مختفيا كيرقة مائية أو أرضية قبل أن يخرج في لحظة موجزة تحت الشـمس. وعلى سـبيل المثال، تعيش يرقة اليعسوب في الماء العذب، حيث تعتبر متوحشة تفترس غيرها من الحيوانات، بما يشمل الأسـماك الصغيرة. وتقضي حشرة الزير الحولية (السيكادا، أو زير الحصاد) ما يصل إلى 17 سنة تحت الأرض في طور الحورية، تتغذى على عصارة جذور الأشجار، قبل أن تخرج كلها معا في نفس الوقت بأعداد هائلة للتزاوج، ووضع البيض، ثم تموت. سمك السلمون الذي يعيش في المحيط الهادئ يقوم برحلة ذهاب بـلا عـودة إلى موطن وضع البيض في أعـالي الأنهار في أمريكا الشـمالية بعد ثلاث سـنوات من الحيـاة العذرية في البحر. كذلك يقوم سـمك الأنقليس برحلة ذهاب بلا عودة في اتجاه مضاد، حيث يقضي الفترة الوسـطى من حياته في الماء العذب ثم يتحول من أوروبا وأمريكا الشمالية إلى بحر سرقوسة (في الجزء الشمالي من المحيط الأطلنطي)، حيث تتناسـل الأنـواع الأوروبية والأمريكية على السـواء[4]. وكثير من أنـواع الحبار والأخطبوط أحادية الإنجاب أيضا، وهو أمر له اعتبار على جانب كبير من الأهمية في إدارة مصايد الأسـماك هـذه، لأن معظم الأنواع التي يتم صيدها لم تتكاثر بعد[5].

وأحاديــة الأنجاب نادرة بين الثدييــات، لكنها موجودة. ومعظم الأمثلة تنتمي لمجموعة من الجرابيات الأســترالية آكلة اللحوم، وفي هذه المجموعة يموت الذكور فقــط بعد نوبة تزاوج مختلطة ومكثفة للغاية. وبعــض الثعابين أحادية الإنجاب، وقد اكتُشــفت حديثا حرباء صغيرة للغاية من مدغشــقر، تســمى حرباء لابوردي (Furcifer la - bordi)، تقــضي معظم حياتها القصيرة داخل البيض، وتعيش فقط أربعة أو خمســة أشهر بعد الفقس[6]. هذه الحرباء هي الفقاري الوحيد المعروف كمثال للحياة الحولية المنتشرة بشــدة بين النباتات. وكما رأينا في الفصل الخامس، قد تقضي النباتات الحولية عقودا كبذور في التربة قبل أن تخرج، وتنمو، وتزهر، ثم تموت خلال فصل قصير يتكون من أشهر قليلة.

أحادية الإنجاب ظاهرة مدهشة، لأن تركيز كل التكاثر في نوبة إنجابية واحدة يكلف أغلى ثمن للتكاثر يمكن أن يدفعه أي كائن حي. فما هو السبب الذي يجعل هــذه المجموعــة المتنوعة من الأنواع الحية التي تحدثنا عنها من فورنا تشــترك في مثل هذا الأســلوب المعيشي الذي يتســم بالتطرف البالغ والخطورة الواضحة؟ هل يمكن أن يكون هناك تفســير واحد لكل هذه الحالات، من النخيل إلى حشرة الزير الحولية، ومن البامبو إلى الحبار؟ حسنا، الإجابة هي بنعم، هذا ممكن.

دعنــا نجر تجربــة فكرية أخرى ونرى كيف تحقــق أحادية الإنجاب عكس ما نعتبره نحن البشر طريقة طبيعية أكثر لعمل عائلة. ســوف نبدأ مع النبات الحولي ونفــترض أنه ينتــج 10 بذور في نهاية العام، ويموت عند ذلــك. في العام التالي، كل البذور العشر تنبت، وتعيش، وتنتج كل منها بدورها 10 بذور. وهكذا، بعد عامين، أصبــح لأحادية الإنجاب الحولية الأصلية 10×10=100 من نســلها. هل يمكن لأي متحور يرفض الموت بعد إنتاج البذور أن يتفوق على هذا الرقم؟ ولنقل إن النبات كان بخيلا فأنتج 9 بذور لا غير، التي يقتضيها الاقتصاد لكي تكفي الذخيرة الموجودة للعرج من الشــتاء حتى الربيع، وبعد ذلك تكــون قادرة على إنتاج 9 بذور أخرى. في نهايــة العامــين، أنتجت كل بذرة من البذور التســع الأولى 9 بــذور خاصة بها، فتكــون 9×9=81. وعندما نضيف النباتات التســع الباقية، يكون المجموع 90. ثم نضيــف 9 بذور من ســنة الإنتاج الثانية للمتحول والنبات الأصلي نفســه، ويكون لدينا 90+9+1=100 من النسل. هذه الزيادة ليست مثيرة جدا، أليس كذلك؟

الهدف من هذه القطعة البسيطة من الحساب الأولي هو معرفة أن أحادية الإنجاب أقوى مما كنت تتصور. ليس على الحولي سوى أن ينتج بذرة واحدة زائدة (أي أن ينتج 11 مثلا)، ويمكن أن يتفوق في المنافسة بأكثر من 20 في المائة (121=11×11). لاحظ البيولوجي الأمريكي لامونت سي. كول Lamont C. Cole في العام 1954 أنه بمثل هذه الحسبة يمكن أن نصل إلى نتيجة غير معقولة وهي أن كل الأنواع الحية لابد أن تكون حولية أحادية الإنجاب، ولكنها بالطبع ليست كذلك[7]. فلم لا؟

إذا كنت لاتزال معي، فلا شك أنك تتطلع إلى الهدف، أو تفكر: «آه، ولكن ماذا لو...؟» وهذا هو الهدف الحقيقي من مفارقة كول. وهي تدفعنا في الحال إلى إلقاء الأسئلة: «ولكن ماذا لو لم تعش كل البذور؟ ماذا لو أن النبات البالغ استطاع البقاء فقط لنصف الشتاء؟ وماذا لو أن النبات البالغ يستطيع أن ينمو لحجم أكبر في العام الثاني؟ ومثلما فعلت مفارقة بيتو الخاصة بالحيتان الخالية من السرطان في الفصل الثاني، ومفارقات تسامح الانتخاب الطبيعي مع حدوث الشيخوخة وتفضيل انقطاع الحيض في الفصل السادس، هذه المفارقة أيضا تركز انتباهنا على لغز تطوري بحاجة إلى حل.

ويتضح أن الحل الحسابي لمفارقة كول قاعدة بسيطة للغاية، على الرغم من أن الحلول البيولوجية التي هندسها الانتخاب الطبيعي والتي تناسب القاعدة متنوعة للغاية ومدهشة دائما. القاعدة هي أنه كي يتمكن أي كائن ينجب على نحو متكرر أن يتفوق على أحادية الإنجاب، فلابد أن تكون نسبة عدد الذرية المنتجة عن طريق الإنجاب المتكرر إلى العدد المنتج عن طريق الأفراد أحادية الإنجاب، بالإضافة إلى احتمالية بقاء الوالد متكرر الإنجاب بعد الإنجاب، لابد أن تكون هذه النسبة أكثر من واحد[8]. وفقا لهذه القاعدة، فإن أبسط طريقة للتفوق على أحادية الإنجاب هي أن يحتمل الوالد دائما عملية الإنجاب (أي أن تكون احتمالية البقاء = 1). ولكن كما رأينا، الحقيقة البيولوجية هي أن الإنجاب دائما يفرض تكلفة، وهذه التكلفة غالبا تتسبب في وفاة الوالد. وعلى الجانب الآخر، الطريقة المتاحة للكائنات أحادية الإنجاب لكي تكون في الكفة الراجحة من التوازن هي أن تنتج عددا من الذرية يزيد على منافسة الإنجاب المتكرر زيادة تكفي لتعويض الاحتمالية الطبيعية لبقاء

الوالد. وكلما انخفض معدل البقاء الطبيعي للوالد، أصبحت نشأة أحادية الإنجاب أكثر سهولة. والآن، هذه حسابات كافية أكثر مما نحتاج! أما كيف يمكن ترجمة هذه القاعدة إلى حياة حقيقية، فهذا أمر لطيف للغاية.

تمثل شياطين تسمانيا، تلك الشياطين المسكينة التي قابلناها في الفصل الثاني، والمبتلاة بمرض حديث النشأة عبارة عن ورم في الوجه ينتشر بالعدوى، مثالا مروعا لكيف أن المعدل المرتفع لوفيات الكبار يمكن أن ترجح نشأة أحادية الإنجاب. قبل أن يظهر المرض، كانت شياطين تسمانيا تتكاثر طوال حياتها بمجرد أن تصل إلى النضج الجنسي. ولكن الوفيات في البالغين المصابين تبلغ تقريبا مائة في المائة في السنة الثانية من الحياة، والحيوانات الآن تتكاثر في وقت مبكر للغاية، ولكن مرة واحدة قبل أن تموت[9]. وهذا التطور السريع لخاصية أحادية الإنجاب في هذا النوع تأكيد دراماتيكي لتأثير وفيات الكبار كما أنها نبوءة بإيجاد حل لمفارقة كول. كما أنها أكدت أيضا كيف أن التطور قد يساعد على إنقاذها من الانقراض، رغم أنه من غير المعروف إن كان هذا النوع سوف يتمكن من البقاء فعلا في الحياة البرية.

وأستراليا أيضا موطن لعائلتين من الثدييات الجرابية الصغيرة والتي فيها الذكور أحادية الإنجاب، لكن الغريب أن الإناث ليست كذلك. وعلى سبيل المثال، تصل إناث الفأر الجرابي البني، إلى موسم الإنجاب في وقت واحد معا، وتتزاوج كل أنثى مع العديد من الذكور، وتلد مجموعة من الجراء تصل إلى ثمانية لآباء مختلفين قد يصلون إلى أربعة[10]. ويثير هذا النظام في التزاوج منافسة قوية وعنيفة بين الذكور على الإناث. ويعتمد النظام الفسيولوجي للذكور على استهلاك جرعات مفرطة من هرمون التستوستيرون، وتفيض الدورة الدموية لديهم بهرمونات التوتر الكورتيكوستيرويد، مما يؤدي إلى التضحية بالجهاز المناعي للجسم أمام المجهود المبذول للتزاوج[11]. يفقد الذكور الوزن، ويفقدون الفراء، ويضعف جهازهم المناعي، وتعصف بهم الطفيليات، والأنيميا، وبعد موسم تزاوج واحد، يموتون. ومعدل الوفيات لدى الإناث أيضا مرتفع، لكن غالبا ما تعيش لتلد أكثر من مرة. والمثير للاهتمام، أن نسبة الجنس بين النسل في العديد من أنواع الفأر الجرابي البني منحازة للإناث. فقد اكتشف الانتخاب الطبيعي أيا من الجنسين، في المعدل، يمتلك أكبر قدر من النجاح الإنجابي.

إلى أي مـدى تتطابـق القصة الغريبة لحيـاة الفأر الجرابي البنـي وأقاربه مع التكهنـات النظريـة؟ يبدو من المحتمـل أن أحادية الإنجاب في الذكور تُسـتحث بمعدل وفيات مرتفع بين الإناث البالغة الحُبلى. وهذا المعدل لوفيات الإناث يجعل التزاوج مع أنثى واحدة مبادرة خطرة، ومن ثمّ يؤدي لتفضيل التزاوج المتعدد، على الرغـم من أن المجهود المطلوب لإنجاز ذلك قاتـل[12]. هذه القصة لها جانب آخر مثـير للاهتمام، وهو أن هناك بعض التنويعـات التكيفية بين المجموعات. وهناك دراسـة لأحـد أقارب الفأر الجرابي البني يسـمى الديبلر، يعيـش على جزيرتين في غرب أستراليا، وجدت هذه الدراسة أنه على إحدى الجزيرتين، حيث تعشش طيور البحـر، كانت خصوبة التربة أكثر بثماني عشرة مرة من الجزيرة الأخرى، التي كانت تفتقد مستعمرات طيور البحر. تأكل حيوانات الديبلر الحشرات، وطعامها المفضل موجود بوفرة على الجزيـرة الأكثر خصوبة. وعلى هذه الجزيرة، كان ذكور الديبلر بعد التزاوج في حال أفضل من تلك الموجودة على الجزيرة الأكثر فقرا، وبعض تلك الذكـور لم تكن أحادية الإنجاب[13]. فإذا كان معدل بقاء الإناث الحبلى أفضل أيضا عـلى الجزيرة ذات التربة الأكثر ثراء لأن الطعام كان متاحا هنا، فإن النظرية يمكن أن تشرح السـبب الذي يجعل أحادية الإنجاب في الذكور أقل نفعا هنا أيضا. فهل الأمر كذلك؟ لا نعرف حتى الآن حقيقة هذا الأمر.

سـمك الكبلين البحـري الذي يعيش في مياه المناطق شـبه القطبية له قصة حياة بديلة أيضا في بيئتين مختلفتين[14]. فالسـمك من كلا الجنسين الذي يفقس في عرض البحر أحادي الإنجاب، بينما الأسماك التي تفقس بالقرب من الشواطئ في المنطقة التي يغطيها المد عند ارتفاعه ليست كذلك. ويظل هذا الاختلاف قائما عندما يوضع النوعان في بيئة مربى مائي مشـترك، ولهذا ربما يكون السـبب قائما على أسـاس جيني. أما القاعدة الخاصة بأحادية الإنجاب فقد تتنبأ بأن الأسماك التـي تعيش في عرض البحر لابد أن تكون عرضـة لارتفاع كبير في معدل وفيات الأسماك البالغة، ربما بسبب الأسماك المفترسة، بينما تلك التي تنجب في المناطق المَدِّية تتمتع بحماية نسبية.

ونحـن نميل إلى أن نفكر في العناية التـي تبذلها الأمهات باعتبارها أمرا يختص بالطيـور والثدييات، لكنها تنتشر بين الحـشرات والعناكب أيضا، والتي تفضل فيها

غالبــا أحادية الإنجاب[15]. وعلى ســبيل المثال، تحرس إنــاث العنكبوت السرطاني مجموعة بيضها من الافتراس لمدة 40 يوما و40 ليلة، وأثناء ذلك تفقد 30 في المائة من وزنها، وهو ما يكفي لمنعها من الإنجاب مرة أخرى[16]. وتعيش أنثى أبو مقص الأحدب الياباني تحت الأحجار بجوار جداول الماء، حيث تحرس بيضها حتى يفقس، وعلى الفور تخرج الصغار لتأكل أمها قبل أن تنتشر خارج العش. هذا السلوك يزيد من فرص بقاء صغار أبي مقص، ولكنه يسرع بالنهاية المحتومة للأم، التي ربما سوف تموت سريعا على أي حال في البيئة الصعبة التي تعيش فيها[17].

وارتفاع نسبة الوفيات بين الكبار نتيجة أسباب بيئية هو أحد المسارات المؤدية إلى نشوء أحادية الإنجاب، لكن هناك مسارا آخر ينفتح عندما يؤدي تركيز التكاثر في ولادة واحدة كبيرة لإنتاج ذرية أكبر مما يمكن أن ينتجه تكرار الإنجاب. وهذا يمكن أن يحدث نتيجة اقتصاديات الســعة. في الأيام المبكرة من صناعة السيارات، كانت المركبــات تنتج بأعداد قليلة على أيدي حرفيين يعملون تقريبا بنفس الطريقة التي كانوا يصنعون بها العربات التي تجرها الجياد. ثم جاء هنري فورد. كانت مصانعه الضخمة مكلفة، وكان يدفع أجرا جيدا لعماله، ولكن عن طريق اقتصاديات السعة كان يمكنه أن يســتخرج من ذلك أعدادا كبيرة من الســيارات بسعر معقول. كانت التكلفة الإنشــائية لمثل هذه الطريقة في الإنتاج مرتفعة، لكن التكلفة لكل وحدة منتجــة كانت منخفضة. كثير من الكائنــات تقوم بدفع الثمن من أحادية الإنجاب بطريقة مماثلة. ومن الأمثلة التقليدية على ذلك سالمون المحيط الهادئ.

تقضي أســماك الســالمون التي تعيش في المحيط الهادئ، والتي تنتمي إلى أنواع متعددة، تقضي نصف حياتها في المحيط، حيث تعيش حياة عفيفة مكرســة للغذاء. وعلى ســبيل المثال، بعد عام ونصف العام من الاســتيقاظ كل صباح في المحيط، لا تشــغل سالمون كوهو إلا فكرة واحدة - «هيا نفترس» - وهو سمك بدين وقادر بما يكفي على التكاثر. حينئذ يســبح الســمك إلى الشاطئ ويدخل نهرا، ولكن ليس أي نهر[18]. كل ســمكة تســعى إلى النهر الذي ولدت فيه، وتتجه مع التيار إلى البقعة نفسها حيث توجد مياه ضحلة، بها درجة جيدة جدا من الأكسجين، وقاع من الحصى يوفر الأحوال الملائمة تماما لوضع البيض وللبقاء. تســتخدم أســماك السالمون المجال المغناطيسي للأرض لإرشــادها عــبر المحيط، وفي رحلتها الأخيرة يبدو أنها تســتخدم

ذاكـرة تحملها من طعم مياه الوطن لتجد نهرها الأصلي الذي ولدت فيه[19]. ولكن لماذا تتجه هذه الأسماك إلى الموطن الأصلي، بدلا من أن تسبح إلى أقرب نهر؟

لابد أن يتجشـم سـمك السـالمون رحلة مضنية عبر النهر، يسـبح ضد التيار ويتجنب الأعداء. بعض الأسماك ولدت بالقرب من الساحل ورحلتها ليست بعيدة الهـدف، لكن أسـماكا أخرى لابد أن تقضي رحلة ملحميـة حقا تصل إلى ألف ميل أو أكـثر. وكلـما كان النهـر أطول، لابد أن تكون الأسـماك أكثر اسـتعدادا قبل أن تبـدأ الرحلـة. فإذا اختارت نهرا طويلا جدا عليها، فسـوف تموت قبل أن تصل إلى موطن التكاثر. والطريقة الوحيدة التي يسـتطيع بها السـالمون أن يقلل من هذا الخطـر هو بالعـودة إلى النهر الأصلي. فحتى داخل النهـر، تختلف أماكن التكاثر مـن الجداول الصغيرة إلى تدفقات المياه السريعة العريضة، وهذه الأحوال المحلية تتطلـب مجموعة خاصة من التكيفات الموروثة. فالرحلة، المتكررة جيلا بعد جيل، والنسـل الذي يرث جينات السـمك الذي اختار البقعة المناسبة في النهر الصحيح، والانتخاب الطبيعي يزيل تلك الأسـماك التي لا تفعل، كل ذلك يضمن أن يشـحذ التطور كل سـلالة سـمكية لكي تسـتطيع احتمال رحلة عودتها إلى الموطن الأصلي والتكاثر هناك بنجاح.

وعندما يجري السـمك، تصبـح الأنهار ممتلئة بالسـالمون لدرجة أن الجميع، اعتبارا من الصيادين من أهالي أمريكا الأصليين وحتى الدببة، يأخذ كل منهم نصيبه من الجائزة. وانتقال المغذيات من السـالمون إلى ضفاف النهر عبر أنشطة المفترسين أمر جوهـري حتى أن الحياة النباتية حول أنهار السـالمون في كولومبيا البريطانية أصبحت شـديدة الثراء وتغيرت تماما بسـببه[20]. الصيد أيضا له أثر قوي للغاية في معدل وفيات أسـماك السـالمون البالغة، حتى أن هذا وحده لابد أن يرجح نشـأة أحادية الإنجاب[21]. ولكن بالإضافة إلى ذلك، بالنسبة إلى القليل من السالمون الذي يسـتطيع النجاة من الرحلة حتى يصل إلى موطنه، يمثل المجهود المبذول اسـتثمارا شـديد الضخامة لا يمكن دفع ثمنـه إلا بمجهود قاتل لإنتاج أكـبر عدد ممكن من البيض. وأسـماك السـالمون أحادية الإنجاب تنتج كمية مـن البيض ذات وزن أكبر بالنسبة إلى حجم الجسـم أكثر مما يمكن أن يقدمه الإنجاب المتكرر، وبيضها أيضا أكبر، الأمر الذي يعطي الصغار فرصة أفضل للبقاء[22].

والهجرة في تاريخ حياة أسـماك سـالمون المحيط الأطلنطي مشـابهة تماما لتلك الخاصـة بأبناء عمومتها في المحيـط الهادئ، لكن الأنواع التـي تعيش في الأطلنطي متكـررة الإنجاب[23]. وليس لدينا علم بالسـبب الواضح لهذا الفارق. تبذل أسـماك السـالمون سـواء التي تعيـش في الأطلنطي أو تلـك التي تعيـش في المحيط الهادئ مجهـودا هائلا في رحلة الهجرة إلى مواقع التكاثر، وكلا النوعين يلقى منافسـة بالغة الإنهاك بين الأسـماك المتكاثرة عندما تصل هنـاك. وهكذا، فليس ثمة فرق واضح في التكاليف الإنشـائية للتكاثر يمكن أن يفسر السـبب في أن سـالمون المحيط الهادئ أحـادي الإنجاب وسـالمون المحيط الأطلنطي متكرر الإنجـاب. وربما يكون جزء من الإجابـة هو أن تاريخ حياة كل منهما ليس متطابقا تماما كما يبدو لأول وهلة. فرغم أن سـالمون الأطلنطي يسـتطيع التكاثر أكثر من مرة، وخاصة الإناث كثيرا ما تفعل ذلك، فإن تكرار الإنجاب نادر بين الذكور. والواقع أنه في بعض الأنهار أقل من واحد إلى عشرة من الأسـماك البالغة تتمكن من العـودة[24]. وهناك عامل يمكن أن يفسر الفارق بين سالمون الأطلنطي وسالمون الهادئ، وهو ارتفاع نسبة الوفيات نتيجة صيد هذه الأسـماك في أثنـاء هجرتها. ولم يجر عمل مقارنة كميـة، ولكن يبدو أن جنون الغذاء الذي تثيره الحركة السـنوية السريعة لسالمون المحيط الهادئ في أثناء هجرتها لا يعادلـه شيء مماثل على جوانب الأطلنطـي، الأمر الذي قد يعني أن الوفيات بين الأسماك البالغة أكبر كثيرا في سالمون الهادئ عن مثيله في سالمون الأطلنطي.

تؤدي المنافسـة بين إناث السـالمون على مواقع الأعشـاش، وبـين الذكور على الدخول إلى الإناث المنتجة للبيض، إلى معارك بين كل جنس، ومن أجل هذه المعارك يجهز التطور هذه الأسـماك بالفكوك المنعقفة المشاكسـة. عندما يبدأ السالمون في العـودة نحـو المياه العذبة من بيئـة الرعي في المحيط، تبدل أسـنانها التي كانت تسـتخدمها في التغذية، ويتحول الفك السـفلي إلى سـلاح بارز من أسلحة القتال، ينتهي بطرف معقوف أشـبه بالخطاف أو الكلابة. والفك والكلابة كبيران على وجه الخصـوص في الذكور، التي تسـتخدمها في معارك شرسـة من أجـل إثبات التفوق حتـى أنها أحيانا تكون قاتلة. لكن القتال ليـس الطريقة الوحيدة التي يتمكن بها السـالمون من أن يعقب ذرية. فحتى بين أسـماك سالمون المحيط الأطلنطي، هناك ذكور من المحيط الهادئ.

والواقـع أنه من بين أنواع السـالمون في الأطلنطي والهادئ على السـواء أنواع مثل الكوهو، توجد بين أفراده مجموعتان مختلفتان تماما من الذكور: الذكور التي تتخذ أسـلوب حياتها في الهجرة، والتغذية في المحيط، والضخامة والأنف المعقوف؛ ونوع آخر من الذكور أصغر كثيرا، أقل حجما حتى تبدو أشبه بالصبية أو الأحداث، ولكنهـا بدلا من الهجرة إلى البحـر، تظل مقيمة في المياه العذبة، وتنضج جنسـيا هناك. هذه الذكور التي تبدو في سراويل قصيرة وتعيش عالة على الإناث، تسـمى الجـاكات (الصبية). وهـذه الجاكات قد تتناوش فيما بينها، لكنها ليسـت مجهزة للتسـبب في أي أضرار لمنافسـيها. وبدلا من ذلك، فإن استراتيجيتها في التزاوج هي أن تتسـلل إلى البيض بالاختباء بالقرب من عش الأنثى، ثم عندما تسـنح الفرصة، تسرع بوضع سوائلها في أثناء قيام الأنثى بوضع البيض تحت الأنف المعقوف للذكر الذي اختارته لنفسها.

ويبدو أن كل اسـتراتيجية من تلك الاسـتراتيجيات المختلفة التي يسـتخدمها الذكـور تنجح بطريقتهـا الخاصة. فعلى الرغـم من أن الجـاكات تتجنب الكلفة الباهظـة للهجرة إلى المحيط، فإنها لا تسـتطيع التسـلح بالأنـوف المعقوفة، لأن الجـاكات تعتمد عـلى الذكور معقوفة الأنوف للقيام بعمليـة إغواء الإناث لوضع البيض، ومن ثمّ فإذا أصبحت الذكور معقوفة الأنوف نادرة، سوف يخسر الجاكات أيضا. وهناك أيضا حد أقصى موروث للنجاح الإنجابي للذكور معقوفة الأنوف. ولأن الذكـور معقوفة الأنوف أكثر عـددا، فهي تدخل في حروب أكـثر فيما بينها، الأمر الذي يعطي الجاكات ميزة نسـبية[25]. ولأن سالمون الكوهو أحادي الإنجاب، يموت الجاكات في سـن أصغر من الذكور معقوفة الأنوف من هذه الأنواع. وفي سـالمون الأطلنطـي متكرر الإنجـاب، تتأخر الجاكات في الهجـرة إلى البحر، وهذا يزيد من مخاطر الرحلة، وقد لا تسـتطيع الوصـول أبدا[26]. فـبأي طريقـة تنـظر إلى الأمـر، لا مفر من دفع الثمن الذي يفرضه التكاثر على البقاء.

هناك نوعان من الفرص المناسـبة للاسـتفادة باقتصاديات السـعة يؤديان إلى أحادية الإنجاب في النباتات: تجنب افتراس البذور، واجتذاب الحشرات التي تساعد عـلى اللقاح. قـد تقوم بعض أنواع نبـات البامبو، الذي يُلقح عـن طريق الرياح، بتأخـير الإزهـار لمائة عـام أو أكثر قبل أن تحـول كل ما اختزنته مـن مصادر إلى

محصــول عملاق من البذور. والبامبو نبات عشــبي، ومن ثم فــإن بذورها لذيذة الطعــم ومغذية كحبوب القمــح، وتلتهم الحيوانات من كل الأنــواع هذا الطعام النــادر الخصيــب عندما يظهر. فــإذا كانت هذه البذور تنتــج بكميات صغيرة في أوقــات منتظمة، لاســتُهلكت كل حبة منه سريعا، ولكن تأخــير المحصول وتزامن الإنتاج وإغراق الحيوانات الملتهمة لهذا النوع من الحبوب بكمية تصل حتى ارتفاع ركبها، بهذه الطريقة يتيح البامبو لبعض بذوره أن تنجو. وليس من المعروف كيف يتمكــن نبات البامبو من الإزهــار في وقت واحد، ولكن يبــدو أن هناك نوعا من الســاعة الباطنية. فمن المعروف أن أجزاء من نفس المستنســخات التي زرعت في أجــزاء أخرى من العــالم تزهر وتموت في نفس العام[27]. وتتغــذى الباندا العملاقة حصريا على أوراق البامبو أحادي الإنجاب، وقد وردت تقارير عن الموت جوعا من حــين إلى آخر بين هذه الحيوانات المعرضة للانقــراض عندما تكون غير قادرة على التحــرك من المنطقة التي مات البامبو فيها إلى مناطق أخرى بعيدة لم تشــارك في نفس نوبة الإزهار[28].

وتقــدم حــشرة الزير الحولية، أو الســيكادا، نفس النوع مــن النوبة الغذائية لمفترســيها، مثل البامبو المزهر، عندما تخرج بالملايين من فترة تطورها طويلة الأجل تحت الأرض لكي تتزاوج، وتضع البيض، ثم تموت. بعض الأنواع تخرج بعد 13 سنة، والبعض الآخر بعد 17 ســنة، ولكن هذيــن النوعين المختلفين لا تجدهما معا أبدا. وعندما تظهر الســيكادا كلهــا متزامنة معا بهذه الأعداد الغفــيرة، تغمر أعداءها. يخــرج الكثير جدا منها لدرجــة أنها عندما تموت، تخلق أجســامها المتحللة كمية هائلة مــن النيتروجين في التربة تكفي لتغذية نباتــات الغابة[29]. وفي هذه الحالة، كشــفت التجارب كيف يحدث التزامن. اســتطاع المحققون خــداع طور الحورية للســيكادا الحولية لمدة 17 سنة لتظهر سنة مبكرا عن طريق حث دورة نمو زائدة للشــجرة الحاضنة لهذه الحوريات، ومن ثمّ خلق فترتــين من النمو «الربيعي» في ســنة واحدة. تحصي السيكادا الحولية سبع عشرة دورة نمو ربيعية في الأشجار التي تقتات عليها ثم تصيح «انطلق!» في جوقة معا.

في بعض البيئات، على النباتات أن تتنافس بعضها مع بعض لاجتذاب الحشرات والطيور اللاقحة إلى زهورها، وكلما كان الاســتعراض أكبر كان أكثر روعة وجاذبية.

ولكي ينتج النبات اســتعراضا زهريا كبيرا جدا، يحتاج إلى اختزان كل موارده وتأخير التكاثــر حتى يكون قــادرا على إحداث الانفجــار العظيم المطلــوب للوصول إلى اقتصاديات ســعة كبيرة بالدرجة المناســبة. وينمو نبات القرن، أجاف أمريكانا، في المكســيك وصحارى جنوب الغرب الأمريكي، وهــو أحد الأمثلة من بين العديد من الأنــواع أحاديــة الإنجاب في جنس الأجــاف[30]. كذلك نبــات اللوبيليا العملاق في المناطــق المرتفعة مــن جبل كينيا بأفريقيا، والأعشــاب الضخمة من جنس بويا في أعــالي جبال الإنديز، تنمو إلى حجم هائــل قبل أن تتحول، بعد عقود كثيرة، لوضع كل ما لديها في اســتعراض زهري عملاق صممه الانتخاب الطبيعي لجذب الأحياء المحلية من الحشرات والطيور.

إن أحادية الإنجاب أســلوب حياة غريب لكنه كاشف. إنه الاستعراض المطلق الذي يكشــف كيــف أن كلفة التكاثر تحد من مدة الحيــاة، وكيف أن الأحوال في البيئة قد تقود إلى تطوير ســلوك إنجابي متطرف ويتسم بالمفارقة. معظم الكائنات ليســت أحادية الإنجاب، لكن متكررة الإنجاب معرضة بنفس القدر لنفس القوى التطوريــة التي تقتل أو تحمي الأفراد وتشــكل قصص الحياة، كما ســوف نرى في الفصل التالي.

8

عِشْ سريعا، تمُتْ صغيرا: معدّل السرعة

كل ليلة أنا في مدينة مختلفة

فأنا من النوع الذي يحب التجوال

أعيش مسرعا، فأنا على الطريق،

أنتهز كل ما يعن لي من فرص، لأنني أموت صغيرا

فينوم VENOM، «عِش مثل ملاك (ومُتْ،

مثل شيطان)»[1]

«عِشْ سريعا، تمُتْ صغـيرا» (Live fast, die young)، شـعار التحدي لأسـلوب حياة مغني الـروك آند رول، كثيرا مـا يُكتب بحبر الوشم ويطبع في تأبين المتوفين في سن صغيرة. وإذا كان مغنو الروك نوعا أحيائيا بينهم وبين أنفسهم، وربما يكونون كذلك، فمن المؤكد أن البيولوجيين الذين يدرسونهم سوف يسجلون المصادفـة الغريبة التي تجعل الكثيرين منهم يموتون في سـن 27 سنة[2]. ويبدو أن الجين أو

«هـل لدينا الآن البديهـة والعلم لتجـاوز ما جرى لتيتـون والتمتع بشباب دائم؟».

الجنس الذي يختص بالموت في ســن 27 نشــأ أصلا مع الجد الأكبر لجيتار أنغام البلوز، روبرت جونسون (1938-1911) Robert Johnson. وحمل رائد الجيتار الكهربائي جيمي هندريكس(1943-1970) Jimi Hendrix عصا المايسترو للمدة نفسها من الســنوات، وبعده بشهر واحد توفيت جانيس جوبلين Janis Joplin (1943-1970)، ملكة الروك آند رول، أيضا عن سن 27. وكلاهما عاش بعد برايان جونز (1942- 1969) Brian Jones، مؤسس فرقة الرولينغ ستونز، غير أنه توفي أيضا عن السن نفسها. جيم موريسون (1943-1971) Jim Morrison، مؤسس فرقة «ذا دورز» [الأبواب The Doors]، توفي بعد ســنة عند سن 27. وفي وقت أقــرب ماتت آمي واينهــاوس (1983-2011) Amy Winehouse، فنانة الإيقاع والنغم الإنجليزية، قبل شهرين من موعد عيد ميلادها الثامن والعشرين.

وسُــجلت أســباب المــوت في نادي 27 ســنة كما يلي: تســمم بالإســتركنين (جونسون)، غرق (موريسون)، اختناق (هندريكس)، جرعة زائدة من الهيروين (جوبلين)، ســكتة قلبية (موريسون)، وتسمم كحولي (واينهاوس)[3]. ومن أعضاء هذا النادي الذي يقبل العضوية بعد الموت، هناك على الأقل 40 فردا أقل شهرة، عاشوا سريعا وماتوا صغارا. ومن المؤسف أن نقول إن بعض الإحصائيين مفسدي البهجــة، الذين ليس لديهم شيء أفضــل يفعلونه، قد اختبروا فعلا الفرضية التي تقول إن نجوم موســيقى الــروك لديهم نزعة إلى الموت عند ســن 27، ووجدوا أن هذا النموذج خرافة، على الأقل بالنســبة إلى نجوم البوب البريطانيين[4]. غير أن الدراســة وجدت بالفعل أن معدل الوفيات بين الموســيقيين في العشرينيات والثلاثينيات من العمر يبلغ ضعفين أو ثلاثة أضعاف بقية الناس بشكل عام. إذن ففكرة أن نجوم الروك يموتون في سن صغيرة ليست أسطورة.

غــير أنه بالمقارنــة ببعض الثدييات الأخــرى، يعيش موســيقيو الروك حياة ممطوطــة وبطيئة بدرجة مؤلمة. فإذا وضعنا مقارنة أوقية مقابل أوقية من وزن الجســم فســنجد أن حيوان الزبابة الشــبيه بالفأر shrew، الذي يعيش منعزلا، يحــرق طاقة توازي 25 ضعف معدل طاقة نجم الروك، أو بعبارة أخرى إن وزن الرجل من الزبابات يمكن أن ينتج طاقة تكفي لتشــغيل حفلة خيالية حاشــدة يحييهــا 25 موســيقيا هم أعضــاء الرولينــغ ســتونز، وذا دورز، وتجربة جيمي

هندريكــس، وفرقة آمي واينهاوس مجتمعين[5]. وفــأر الزبابة هو من الثدييات صغيرة الحجم، ولديه حاجة ماسة إلى استهلاك ما يكفي من الطعام للاستمرار في أسلوب حياة استهلاكي يتطلب حركة دائبة شرسة. لا بد أن تأكل هذه الحيوانات ضعفــي أو ثلاثة أضعاف وزنها من الطعام كل يوم، وتكفي 12 ســاعة من دون طعام للتســبب في موت الكائن جوعا. وبالمقارنة، يســتطيع الإنســان أن يعيش أسابيع على الماء وحده. وقد استطاع الناشط السياسي والاجتماعي الهندي المهاتما غاندي، وهو في سن 74 سنة، أن يعيش على الرغم من صيام استمر 21 يوما.

وحاجــة حيوان الزبابة التي لا تشــبع إلى الطعام ســببها أمران: صغر حجم الحيوان، وأن وجبته المفضلة هي الحشرات. إن أجســام الثدييات والطيور ثابتة الحرارة، وهو ما يعني أن وظائفها الحيوية مبرمجة بحيث تحتفظ بحرارة جسم ثابتة باســتمرار. وتنظيم حرارة الجسم يشــبه احتفاظك ببيتك دافئا في الشتاء، يتطلــب تحقيق توازن في التوليد الداخلي للحــرارة في مقابل ما تفقده منها إلى الخارج. وتقوم خلايا الجســم بتوليد الحرارة عن طريق حرق الغلوكوز وتفقدها عن طريق البخر من خلال سطح الجلد. وحجم الجسم يؤثر في هذا التوازن لأن معــدل العمليتين المتضادتين لتوليد الحرارة وفقدان الحرارة قد يختلف كلما كبر حجم الجسم.

فإذا تخيلنا أن أحد الأجسام كروي (وهو ما يتطلب فقط نزوة تخيلية صغيرة في حالة الزغبة dormice مثلا [حيوان من القوارض يشــبه السنجاب]، أو بعض مغني الأوبرا)، فإن مجموع حجم الخلايا المنتجة للحرارة يشكل نسبة من مكعب نصف قطر الجسم، بينما المساحة السطحية التي تخرج منها تلك الحرارة تشكل نســبة فقط من مربع نصف القطر. والآن، قارن جسما كرويا دقيق الحجم يبلغ نصف قطره مثلا عُشر البوصة بجســم كروي أكبر كثيرا نصف قطره 10 بوصات. إن نســبة حجم الجسم الكروي الصغير إلى مساحته السطحية تساوي 1:1، بينما النســبة للجســم الكروي الأكبر هي 1:100. وبعبارة أخرى، للوصول إلى درجة الحرارة نفســها لا بد أن يوَلِّد الجســم الصغير حرارة مكثفة مائة مرة مما يولده الجســم الأكبر. وهذا يعني أن الزبابة يعاني صعوبة بالغة في الاحتفاظ بالحرارة، بينما الحوت يعاني كثيرا في الاحتفاظ بالبرودة.

والطريقــة الوحيدة التي تجعل حيوانا ثدييا صغــيرا قادرا على توليد حرارة كافيــة للبقاء حيا، هــي أن يظل يمد الغلايــة بالوقود باســتمرار. وهذا صحيح بالنســبة إلى كل الثدييات الصغيرة، غير أن الزبابة تعاني من معوق آخر هو: أن طعامهــا من الحشرات ليس غنيا جدا بالطاقــة. فالقوارض الصغيرة التي تتغذى على الحبوب تجد ســهولة أكبر في أكلها من آكلة الحشرات لأن الحبوب مفعمة بالمكونــات الغنية بالطاقة مثل الدهون والنشــويات، فالحيوانات آكلة الحبوب تطبخ بالغاز، أما آكلة الحشرات فتســتخدم شمعة، لكن كلا منهما مضطر إلى أن يعيش مسرعا بسبب صغر حجمه.

إذا عاشت الحيوانات الكبيرة بنفس معدل الحيوانات الصغيرة فسوف تنفجر مشــتعلة باللهب، والحيتان قد تتسبب في غليان المحيط حولها بالحرارة المنبعثة مــن التفاعــل الحيوي (الأيض) داخل أجســامها، وهذا لا يحــدث لأنه كلما كبر حجم الجسم يتراجع معدل التفاعل الحيوي. يدق قلب الزبابة كالمطرقة بمعدل مذهل، أكثر من 600 دقة في الدقيقة، بينما قلب الفيل يســير برزانة تبلغ فقط 25 دقــة في الدقيقــة[6]. في 1908، نشر فســيولوجي ألماني يســمى ماكس روبنر Max Rubner (1932-1854) نتائج أبحاث عن العلاقة بين معدل الأيض وطول العمــر، والتي كان يعتقد أنها تكشــف قاعدة ذهبية هــي أن: الحيوانات التي تعيش مسرعة تموت صغيرة.

قــاس روبنر معدلات التفاعل الحيوي لخمس ثدييات أليفة تتراوح في الحجم بين خنزير غينيا (أرنب الجبل)(*) والحصان، وتتراوح في طول حياتها بين 6 سنوات (خنزير غينيا) و50 ســنة (الحصان). معدل الأيــض في الحيوانات الصغيرة أعلى مــن الكبيرة، لكن روبــنر أوضح أنه عندمــا تقارن الكميات الكليــة من الطاقة المســتخدمة طوال الحيــاة، فإن خنزير غينيا الذي عاش حيــاة قصيرة والحصان الذي عاش طويلا يســتخدمان تقريبا الكمية نفســها بالنســبة إلى كل أوقية من نســيج الجسم. ويبدو أن هذه القاعدة صحيحة عندما نقارن بين حيوان الزبابة ونجــوم الروك. يحرق الزبابة طاقة أكثر بخمــس وعشرين مرة من معدل طاقة

(*) حيوان قارض يشبه الأرنب وإن كان أصغر حجما، يربى في المختبرات لإجراء التجارب العلمية، وتطلق عليه أسماء عدة منها خنزير غينيا guinea pig، وأرنب الجبل، والكابي cavy. [المترجمة].

نجم الروك، لكنه يعيش عادة أقل من سنة، ومن ثمّ فإن خلايا نجم الروك تأخذ بالضبط 25 سنة لتحرق الكمية نفسها من الوقود قبل الانضمام إلى نادي 27.

بـدت تجارب روبنر على العمليات الحيوية كأنهـا توحي بأن طول الحياة ربما يتقرر بشـكل ما بناء على تحديد اسـتهلاك الطاقة. فإذا كان أفراد الأنواع المختلفة لها تقريبا نفس «الجراية» أو «الراتب» المحدد من الطاقة الذي يمكنهم استخدامه طوال الحياة، فإن مدى بقاء هذه الجراية يعتمد على سرعة استهلاكها. وتبدو فكرة روبنر جذابة بديهيا إذا فكرت في أن الجسـم يشـبه الآلة التي تستهلك أسرع كلما كان تشـغيلها بسرعة أكبر، بيد أننا الآن نعرف أن التشـبيه بالآلة مضلل في سـياق الشيخوخة (انظر الفصل السادس). غير أنه، حتى لو كنا نقبل بهذا التشبيه، فلماذا تكون الطاقة كمية محددة أو لماذا تكون قدرة الخلايا على استهلاكها محدودة؟

كسـبت نظرية معدل الحياة التي قدمهـا روبنر دفعة كبيرة من خلال دفاع ريموند بـيرل (1879-1940) Raymond Pearl، والذي كان بيولوجيا وإحصائيا أمريكيـا كتب حصيلة مذهلة من نحو 17 كتابا وكذلك 700 مقال نشرت في كل مـكان من المجلة المحترمة Ladies' Home Journal (مجلة ربات البيوت)، إلى المجلـة الغامضـة Proceedings of the National Acad-emy of Sciences [وقائـع الأكاديميـة القومية للعلوم]. وكل ما كان يختـاره بيرل ليكتب عنه، من السرطـان إلى الكانتالوب والدواجـن، حتى الزيادة السـكانية، جاء من اقتناعه العميق بأنه مهما كانت المشـكلة فالحل هو الأرقام. ولسـوء الحظ لم يكن دائما يصـل إلى الأرقام أو إلى تفسـيرها بشـكل صحيح، وكان شـديد العدوانية تجاه من يشـير إلى أخطائه[7]. وكان أخطر أخطائه وأشـدها كارثيـة التحليل المعيب لسـجلات التشريح في مستشفى جون هوبكينز، حيث كان يعمل، والذي توصل من خلاله إلى اسـتنتاج خاطئ مؤداه أن مرض السـل أو الـدرن يمنع السرطان. وأدى هـذا التحليل إلى حقن العديد من مرضى السرطان الميئوس من شـفائهم بمادة مسـتخلصة من بكتيريا السـل. وعلى الرغم من أن المرضى ماتوا فقد ظل يعتبر هذا العلاج ناجحا[8].

واهتـمام بيرل بطول الحياة ومعدلات الوفيات لا يثير الدهشـة، فلا بد أنها كانت جاذبة لاهتمام عقله الحسابي، حيث إنها تدعو بطبيعتها إلى القياس الكمي.

ومنذ نشر بيرل ورقتـه الأولى حول معدلات الوفيات، وهو في الرابعة والعشرين من عمره حتى كتابه السادس عشر في سلسلة بعنوان Experimental Studies on the Duration of Life (دراسـات تجريبية حول مدة الحياة)، والذي نُشر بعد وفاته بعام، ظل يسعى حثيثا إلى إيجاد حل رياضي لقوانين الحياة والموت[9]. وفي العام 1919 التحق بالكلية الطبيعية لجامعة جون هوبكينز في بالتيمور، لكن بعد ثلاثة أسـابيع فقط من انتظامه فيها عانى نكسة هائلة عندما احترق المعمل ودمر الحريق كل مواده البحثية وأوراقه، حتى الفئران التي كان يعدها لدراسـة طويلة الأمد حول التقدم في السـن[10]. وبعد الكارثة، لملم بيرل نفسـه، وأصدر مناشدة للعلماء الآخرين لمسـاعدته في إعادة إمداد مكتبته البحثية، وتحول إلى دراسـة ذباب الفاكهة، الذي تساعد حياته القصيرة على التوصل إلى نتائج أسرع، وراح يتقدم في عمله.

غـير أن حياة بيرل لم تكـن كلها عملا، فقد كان عضوا متحمسـا لنادي ليلة السـبت، الذي كان أعضاؤه يلهون ويتنادمون في بيت الصحافي والكاتب الساخر إتش. إل. منكين H. L. Mencken، في بالتيمور. كان شـعار الدرع الذي يتخذه النـادي تظهر عليه قطع من السـجق، وجـراد البحر (الإسـتاكوزا)، وكوب كبير للبيرة، وآلة الكمان، وكلها مكللة بالبصل والبسكويت المملح (pretzels). وكانت الموسـيقى تُعزف في النادي على أيدي طلبـة الكونسرفتوار المحلي، والتحق بهم بـيرل عازفا على البوق الفرنسي (French horn). ولم تكن فرقة للروك آند رول، لكنها كانت مكتملة التكوين. وفي إحدى المناسـبات خطط أوركسـترا النادي أن يلعب السـيمفونيات الثمانية الأولى لبيتهوفن على التوالي. وصل بيرل إلى الحركة الأولى من السـيمفونية الخامسـة وقيل إنه عندئذ «انفجـر بوقه الفرنسي»[11]. وكان يمكـن أن يكون تصرفا نموذجيا لبيرل أن يقوم عندئذ بدراسـة حول معدل وفيات آلات النفخ، أو على الأقل العازفين على هذه الآلات، غير أنه يبدو أن هذا كان من المشروعات الإحصائية القليلة التي لم تخطر قط على باله.

كان ذلـك في فـترة حظر المسـكرات في الولايـات المتحدة، ومـن ثمّ كانت البيرة الخاصة بنادي ليلة السـبت تُصنع خلسة في قبو منزل منكن، حيث كانت الزجاجـات تنفجر من حين إلى آخر تحت ضغط التخمر[12]. ويبدو أن بيرل كان

أول عــالم يبحث تأثير الكحول على الوفيات، بل يدرس تأثيره على نمو البذور[13]. واكتشــف أن شرب كميــات قليلة من الكحول لا يــؤدي إلى تقصير الحياة، وهو اكتشــاف أكدته دراســات أخرى أحدث، والتي توحي بأن شرب كمية متواضعة يمكن أن يؤدي إلى إطالة الحياة[14]. وفيما بعد، كان بيرل ضمن أول العلماء الذين أعلنوا أن التدخين، ولو بكميات قليلة، ضار بالنسبة إلى طول العمر[15]، ما جعله يلقي بالملحوظة الساخرة بأنه سيتوقف عن التدخين ويشرب مزيدا من الخمر.

أهــدى بــيرل الكتاب الذي نــشره في العــام 1926 بعنــوان Alcohol and Longevity (الكحــول وطول العمر) إلى أعضاء نادي ليلة الســبت[16]، الذين لا بــد أنهم ســعدوا بقراءة نتائجه من خلال قيعان كــؤوس البيرة. وربما يبدو مثل هذا الإهداء تحديا جريئا للســلطات وسط فترة الحظر، غير أن بيرل كان معروفا جيدا في ذلك الوقت بأنه ذو عقلية مستقلة، حيث كانت كتاباته الصحافية تتجه غالبا إلى استخدام العلم في كشف الأساطير. وكان لبيرل أيضا دور صغير في رواية فائــزة بجائزة بوليتزر نــشرت في العام 1925 لرواية من تأليف ســنكلير لويس Sinclair Lewis: بطل الرواية، د. مارتن أروســميث، الشــخصية الخيالية، الذي ســميت الرواية باسمه، يستشير ريموند بيرل المتشكك في مدى مصداقية دليل د. أروسميث بأنه اكتشف علاجا للطاعون الدبلي [17](bubonic plague).

مارس بــيرل أبحاثه التجريبية حول العلاقة بين معــدل الحياة وطول العمر باســتخدام ذباب الفاكهة وبذور الكانتالوب. ومثل كثيرين قبله، وجد أن الذباب المحفــوظ في درجة حــرارة منخفضة يعيش أطول مــن المحفوظ في حالة دفء. الذبــاب المــبرد لا يتحرك كثــيرا، ومن ثمّ اســتنتج بيرل أن نقص النشــاط يؤدي إلى إطالــة الحيــاة. وقد نمّى بذور الكانتالوب في الظــلام وجوّعها بمنع المغذيات عنها. والحق أن بيرل كان شــديد الطموح في الوصول إلى أهمية عميقة لتجاربه البســيطة، ومــن ثمّ، عندما وجد أن البذور التي تنمــو ببطء أكبر تعيش أطول، فسر هذا الاكتشاف باعتباره دليلا آخر على المبدأ العام: عش سريعا تمُتْ صغيرا.

وفي كتابه The Rate of Living (معدّل الحياة، 1928)، استنتج بيرل أن كل الأدلة تشــير إلى حقيقة أن «طول الحياة يتوقف عكسيا على معدَّل الحياة»[18]. اعتقــد بيرل أن هذه القاعدة الشــاملة للحياة تشرح التنوعــات في طول الحياة

بـين البشر أيضـا. بيد أنه حذر الجمهور العلمي الذي يقرأ أو يسـمع سلسـلة محاضراته: «بيولوجيا الموت»، بأنه من المسـتحيل تفسـير البيانات حول العلاقة بين مهنة الإنسان ومدى استهلاكه لطاقته، وكم عاش، ولا يمكن استخدامها لإثبات النظريـة[19]. غير أنه بعد بضع سـنوات وضع بكل سرور عنوانا لمقال شـهير في صحيفة بالتيمور صن Baltimore Sun: «لماذا حياة الكسـالى هي الأطول؟»[20]. عاش بيرل نفسه فقط حتى سن 61، على الرغم من أنه من الطريف أن نفكر أنه ربما كان يعيش أطول لو كان أكثر كسلا في كتابة هذا الهراء.

حتى لو كان بيرل مبالغا في حماسه لدعم نظرية معدّل الحياة، فقد تراكمت الأدلـة لدعم هذه النظرية من أطراف أخـرى. برغوث الماء water flea، إحدى القشريات، يظهر قلبه النابض من خلال جسمه الشفاف تقريبا، ومن ثمّ استطاع الباحثون إحصاء دقات قلب هذه المخلوقات من القشريات وهي تعيش حياتها في أوعيـة محفوظة في درجات حرارة مختلفة. وبكل تأكيد، كانت البراغيث التي تعيـش في مياه أكثر برودة تعيش أطول من تلك التـي تعيش في مياه أكثر دفئا بنفـس نسـبة تباطؤ دقات القلـب[21]، وهو تأكيد آخر لنظريـة معدل الحياة. وكانت العلاقة العكسـية بين معدل ضربات القلب وطول الحياة شديدة الدقة حتى بدا كأن المخلوقات الصغيرة ربما غشّـت الإجابات من كتاب بيرل. وجُمعت البيانـات حول معدلات العمليـات الحيوية من أنواع أكثر مـن الثدييات، لملء الفجـوة بين خنزير غينيا والحصان، والتوسـع في إدخـال حيوانات أصغر وأكبر، لإثبات أن العلاقة التي اكتشفها ماكس روبنر كانت في الواقع قاعدة عامة.

وبحلول سنوات العقد 1950 كانت نظرية معدل الحياة تبدو متوطدة تماما، وكان السـؤال الكبير هو: ما الشيء الذي يضع حدود استهلاك طاقة الحياة وبناء عليه يضع حدود طول الحياة؟ كان بيرل يعتقد أن الخلايا لا بد أنها تحتوي على جزيء حيوي من نوع ما يجري اسـتهلاكه، غير أن معرفة ما هذا الجزيء كانت تتجاوز قدراته الحسابية. وفي العام 1954 جاء طبيب يعمل في جامعة كاليفورنيا، بيركلي، اسـمه دنهام هارمان Denham Harman، بفكرة مختلفة. كان يشـعر بالحيرة أمام عمومية الشـيخوخة، وقد عمل لمدة 15 سنة كيميائيا في شركة شل للبـترول قبل أن يذهب إلى كلية الطب، فكان مجهزا جيدا للتفكير في المشـكلة

من زاوية كيميائية. وبعد 4 أشهر من القَلق المستمر حول المشكلة قفزت الفكرة إلى رأسه[22].

قال هارمان إن القيود على مدة الحياة ليست نتيجة استهلاك أحد المكونات، كما خمّن بيرل، بل لتراكم التلفيات التي تنتج عن نوع معين من الجزيئيات ينتجه الجسم خلال عملية الأيض. كان المجرم المذنب هو جزيئات تسمى «الجذور الحرة» (free radicals)، وكانت تنتج متى خرجت الطاقة الكيميائية من السكريات خلال تفاعلها مع الأكسجين. ويسمى هذا التفاعل في الكيمياء «التنفس الخلوي» (تنفس هوائي Aerobic respiration)، وهو عملية حرق عالية الانتظام. وربما كانت فكرة أن التنفس الخلوي، مثل أي احتراق في الهواء قد ينتج مواد جانبية خطرة، من الصعب أن تطرأ على بال أي أحد سوى كيميائي مثل هارمان سبق له العمل في شركة بترول. وقد يكون هذا هو السبب في أن هذه الفكرة قد تعرضت للتجاهل أو السخرية من جانب البيولوجيين الذين لم يكونوا فيما يبدو يفهمون الكيمياء لمدة 10 سنوات تقريبا بعد نشره هذا البحث في العام 1956[23]. وقد مرت أكثر من عشرين سنة قبل أن تبدأ الفكرة في الانتشار، ثم إذا بها كالنار في الهشيم.

الجذور الحرة هي جزيئات صغيرة ذات إلكترون غير مزدوج unpaired electron. والإلكترونات جسيمات سلبية الشحنة، تفضل الصحبة، وهو ما يجعل التفاعل الكيميائي للجذور الحرة شديد النشاط. كان نوع الجذور الحرة، التي اعتقد دنهام هارمان أنها تتسبب في المتاعب داخل الخلايا، يحتوي على ذرة أكسجين بها إلكترون غير مزدوج. والجذور الحرة الأوكسجينية لديها الاستعداد للإتلاف لأنها تلتصق بالجزيئات في الخلية، وتؤكسدها، وتوقفها عن أداء عمليات بيولوجية مهمة. إن مُبيِّض الملابس المستخدم في المنازل هو عامل مؤكسد، وله بعض التأثيرات المألوفة على المواد العضوية، أو «البقع العنيدة» كما تهوى أن تطلق عليها إعلانات التلفزيون. تخيّل الجذور الحرة بهذا النوع من القوة الأوكسجينية داخل الخلية، وسوف تكون لديك فكرة ما عن التلف الذي قد تتسبب فيه. من الممكن عمليا أن تدمر الجذور الحرة الأوكسجينية أي جزيئات حرة داخل الخلية، بما فيها الدهون، والبروتينات، والحامض النووي الذي تتكون منه الدنا (الحمض النووي الريبوزي

منقوص الأكسجين DNA) والرنا (الحمض النووي الريبوزي RNA). ويتراكم التلف في الدنا مع التقدم في السن، غير أنه ليس من الواضح إن كان هذا التلف هو أهم أسباب الشيخوخة، كما احتج بعض العلماء[24].

قـدم هارمان نظرية الجذور الحرة للشـيخوخة لتضيف القطعة الناقصة في نظرية معدّل الحياة. وتعشـقت النظريتان معا مثل ترسَـيْنْ أُحسن تزييتهما في آلـة تعمل بكفاءة. اقترحت نظرية معدّل الحياة أن طول الحياة محدد بطبيعته نتيجة التأثيرات الضارة للعمليات الحيوية. شَغِّل الآلة الحياتية بسرعة 600 دقة قلب في الدقيقة وسرعان ما سيأتي الموت. أبطئ سرعة الحياة إلى سرعة الثدييات الكبيرة، وسوف تؤخر آلة الحصاد العبوس زيارتها. وفسرت نظرية الجذور الحرة كيـف أن معدّل الحيـاة يمكن أن تكون له تلك التأثيرات عـلى طول الحياة. إن التنفس الخلوي هو اتفاق مع الشـيطان: لا يمكنك بالتأكيد أن تعيش دونه، غير أنك لا تستطيع أن تعيش به إلى الأبد أيضا. كل وحدة حرارية (كالوري calorie) تحرقهـا في نار الحيـاة تؤجج حطب جنازتك. والغريب أن هذه الفكرة ليسـت جديدة. كتب ويليام شكسـبير سوناتا (قصيدة من 14 بيتا) قارن فيها بين السن المتقدمة والجمرات الملتهبة للنار:

إنه يرقد وسط رماد شبابه
مثل فراش الموت الذي لا بد أن تنقضي عليه الحياة
يستهلكه نفس الشيء الذي كان يمده بالغذاء[25].

وبحلول نهاية القـرن العشرين كانت نظريتا الشـيخوخة فعليا قد أصبحتا واحـدة. وقد استكشـف البيولوجيـون كل صغيرة وكبيرة من أجـزاء الآلة التي أُحسـن تزييتها، وكشفوا آليات المعيشة الخاصة بها بتفاصيل جزيئية دقيقة[26]. وفي العـام 1969 حدثـت نقطة تحول مهمة لنظرية هارمـان الخاصة بالجذور الحرة، باكتشـاف إنزيم في الخلايا يحوّل أحد أقوى الجذور الحرة الأوكسـجينية إلى جزيئات أقل ضررا. أطلق على هذا الإنزيم اسـم «سود» SOD(*). واكتُشف أيضا أحد الجزيئات الحاضنة لغير ذلك من مضادات الأكسدة، بما يشمل إنزيمات

(*) سـود SOD: الحروف اختصار لـ Superoxide dismutase، سـوبر أوكسيد ديسـميوتاز، ويسمى ديسميوتاز الفائق. [المترجمة].

أخرى وبعض مضادات الأكسدة الجزيئية الغذائية الصغيرة المستمدة من الفاكهة والخضراوات. وصعدت هذه الترسانة من الدفاعات الخلوية ضد الجذور الحرة إلى ما يوازي التصديق من أعلى سلطة ممكنة- الطبيعة نفسها - على فكرة هارمان بخطورة تلك الجزيئات. غير أنه، ربما كان ينبغي لهذا التصديق أن يطلق جرسا تحذيريا. إذا كانت الخلايا لديها دفاعات جيدة ضد الجذور الحرة، فذلك يبين أن هارمان كان على حق بالنسبة إلى احتمالية التهديد الذي تمثله، بيد أنه ربما لم يكن على حق في مساهمتها الفعلية بالنسبة إلى الشيخوخة، لأن ثمة احتمالا أن تكون الطبيعة قد وضعت حلولا للمشكلة.

وفي هذه الأثناء، بالعودة إلى المزرعة، كان البيولوجيون يلقون نظرة متفحصة على العلاقة بين معدّل الأيض وطول العمر في بعض الحيوانات التي لم يكن يبدو أنها قرأت تعليمات ريموند بيرل. في العام 1991 لاحظ ستيفن أوستاد Steven Austad وكاثلين فيشر Kathleen Fischer، وكانا في هارفارد، أن معظم الأنواع التي تناسب العلاقة المعروفة كانت ثدييات أرضية مشيمية. فهل الأنواع الأخرى من الثدييات ينطبق عليها ذلك؟ تعيش الخفافيش عمرا أطول بثلاث مرات من الثدييات الأرضية من حجم الجسم نفسه، بينما الثدييات الجرابية مثل الكنغر والأبوسوم حياتها أقصر بنحو 20 في المائة. ووفقا لنظرية معدل الحياة، إذن، كان ينبغي أن يكون الأيض لدى الخفافيش أبطأ من الثدييات الأرضية التي تعيش حياة أقصر، وكان ينبغي أن يكون أيض الجرابيات أسرع، بما يتماشى مع حياتها الأقصر. أما ما اكتشفه أوستاد وفيشر فكان مختلفا تماما في الواقع، فقد كان معدل العمليات الحيوية لدى الخفافيش مماثلا له لدى الثدييات الأرضية من حجم مماثل ومدة حياة أقصر، بينما كان معدل العمليات الحيوية لدى الجرابيات أبطأ من المتوقع بالنسبة إلى حجم جسدها وطول حياتها. ولم يتوقف الأمر عند ذلك، ولكن بين أنواع الخفافيش والجرابيات التي توفر الطاقة عن طريق فترة من السبات أو البيات الشتوي، لم يكن ثمة دليل على أن حياتها أصبحت أطول بأي شكل نتيجة ذلك[27]. وتمثل الطيور نموذجا أكثر شذوذا من الخفافيش، حيث تعيش حياة أطول من الثدييات الأرضية، على الرغم من أن معدل العمليات الحيوية لديها يصل إلى الضعف أو يزيد[28].

دقّ جــواو بيدرو دو ماغاليــز João Pedro de Magalhães، من هارفارد، المســمار الأخير في نعش نظرية معدّل الحياة، حيث عمل قاعدة بيانات تســمى أنــاج AnAge، حول طول العمــر في الحيوانات، والتي كانــت في وقت كتابتها تغطــي أكثر من 4 آلاف نوع[29]. وفي العام 2007، بعد قرن كامل تقريبا من بدء الدراســة الرائدة لماكس روبنر الســباق، أظهر تحليل شــامل للبيانات في «أناج» عدم وجود علاقة نســبية بين طول العمر ومعدل العمليات الحيوية بين الطيور أو الثدييات المشــيمية إذا أخرجنا حجم الحيوان من المعادلة[30]. وبعبارة أخرى، كانت نظرية بيرل حول معدل الحياة مبنية على فرضية زائفة. فالعلاقة التي ظن أنهــا موجودة بين طول العمر ومعــدل الأيض كانت في الواقع نتيجة العلاقة بين معدل الأيض وحجم الجســم؛ كما أنها كانت متحيزة بسبب ضيق مجال الأنواع التي كان قادرا على دراستها.

لكن ماذا عن الدليل التجريبي الذي ساقه بيرل دعما لنظرية معدل الحياة؟ لم يلقَ هذا نجاحا أفضل. من الممكن أن يكون للتجارب البســيطة مثل تجارب بيرل تأثيرات قوية أصيلة، غير أن استنتاجات بيرل كانت تتسم بالسذاجة، لأنه تجاهل التفســيرات البديلة الممكنة لنتائجه. ففي التجــارب التي برّد فيها ذباب الفاكهة نــسي أن كل العمليــات الحيوية تميــل إلى الإبطاء في التبريد. ولهــذا، فإن إظهار حدوث بطء في عمليتين- النشــاط والوفيات- في الذباب المبرد لا يثبت أن إبطاء إحداهــما هو الســبب في إبطاء الأخرى. هناك عملية أخــرى غير معروفة خاصة بالشيخوخة قد حدث لها إبطاء أيضا بسبب التبريد، غير أن هذه العملية لا علاقة لها بالنشاط، ومن الممكن أن تكون السبب في إطالة الحياة بتجربة الذباب. وهذا معروف بأنه «مشكلة المتغير الثالث»، كما رأينا، وقد حدث لبيرل وكثيرين آخرين أن وقعوا في هذه المشكلة في تحليلاتهم للعلاقة بين معدل الأيض ومدة الحياة: في هذه الحالة كان المتغير الثالث هو الشيء الواضح جدا، أي حجم الجسم.

في حالة تجربة بيرل على الكانتالوب، أجريت هذه التجربة في ظروف شديدة التكلف والتقييد حتى إن ما كشفت عنه لا يعتبر أكثر عمقا من أنه تحت ظروف المجاعة القاسية يتقرر مدى بقاء البذور بناء على معدل استهلاك النباتات النامية للمــوارد المحدودة. هل تذكر أنــه في تجارب نباتات أحــدث، ذُكرت في الفصل

الخامــس، رفع النمو السريع أيضا منْ معــدل الوفيات، غير أن هذا حدث فقط تحــت أحوال من الضغط. لم يكــن «عش مسرعا ومُتْ صغيرا إذا كانت الظروف ســيئة» هو القانون الشــامل الذي يبحث عنه بيرل، غير أنه يشــير إلى شيء مهم أهملناه حتى الآن هو: أحوال البيئة وتأثيرها على طول الحياة.

ماتــت نظرية معدّل الحيــاة، فمعدل العمليات الحيويــة أو الأيض لا يقرر طــول الحياة. غير أنه يبدو أن حجم الجســم الذي يرتبط بــه معدّل العمليات الحيويــة يؤثر فعلا على مُدّة الحياة، يعــود طول الحياة، فلنتحقق أكثر من هذا الأمــر. كما رأينــا في الفصل الثاني، تعود فكرة ارتباط حجم الجســم بمدة الحياة إلى الفيلســوف اليوناني القديم أرسطو، بيد أن هناك بعض الاستثناءات الواضحة لقاعــدة أن الحيوانات الأكبر تعيش أطول. ويتضح أن هذه الاســتثناءات تحمل دلالات بالغة الأهمية. على ســبيل المثال، فــأر الخُلد العاري naked mole-rat، هــو حيوان قارض صغــير الحجم للغاية يعيش أطول بثــلاث أو أربع مرات من أكــبر أعضاء القوارض، الكابيبــارا capybara (أو خنزير الماء). يعيش فأر الخلد، كما يوحي اســمه، تحت الأرض، حيث يجد حماية جيدة من كثير من الحيوانات المفترســة (لكن ليــس من الثعابين)، ويبــدو أن هذا الأســلوب في الحياة يرتبط بالحياة الأطول في الثدييات التي تعيش تحت الأرض بشكل عام[31].

وكما ســبق ذكره، تعيش الخفافيــش والطيور على الســواء حياة أطول من الحيوانات التي لا تطير من الحجم نفسه. فهل يمكن أن يكون الطيران وما يوفره مــن حماية من الافتراس هو المســؤول عن هذا الفارق؟ يتوافــر لنا اختبار جيد لهذه الفرضية عندما نتفحص الطيور التي لا تطير، والتي في أثناء تطورها اتخذت الحجم الأكبر للجسم بديلا عن القدرة على الطيران. هذا الانتقال التطوري حدث على نحو مســتقل عدة مرات على جزر في المحيطات كانت تخلو من الحيوانات المفترســة، حتى وصل الإنســان والجرذان. ومن الأمثلة طائر الدودو، الذي يعتبر أيقونة الانقراض، والذي كان حمامة لا تطير في حجم الديك الرومي، نشأت على جزيرة موريشــيوس بالمحيــط الهندي. فهل كان فقدان الطيران ســببا في تقصير حياة تلك الطيور؟ لا نعرف ماذا كان طول حياة الدودو، لكن لايزال لدينا طائران كبــيران لا يطيران، وقد جرى قيــاس مدة حياة كل منهما. تنمــو النعامة لتصل

إلى أكـثر مـن 200 رطل (90 كيلوغراما تقريبا) وتعيش حتى 50 سـنة في الأسر. وهذه سـن محترمة لحيوان من هذا الحجم، لكن ليس كذلك أبدا بالنسـبة إلى طائـر. فالببغاء الأفريقي الرمادي يزن فقط رطلا واحدا ويعيش مثل هذا العمر. والطائر الآخر الذي لا يطير الذي يمكن لنا استخدامه في المقارنة هو الإمو emu، الذي يمكن أن ينمو حتى 80 رطلا، غير أنه يعيش فقط 17 سـنة تقريبا. وطول حياته هو نفس طول حياة طائر السـمنة الأمريكي، غير أن هذا النوع يزن فقط 2.5 أوقيـة (نحو 70 جراما). من الواضح أن الحجـم ليس كل شيء، وأن القدرة على الطيران بالفعل تساعد على إطالة الحياة.

بالإضافـة إلى الحجم الكبير للجسـم، والقدرة عـلى الاختباء تحت الأرض أو الطيران بعيدا عنها، هناك ملامح أخرى تتصل بطول الحياة من ضمنها الدفاعات الكيميائية التي تجعل الحيوان غير مستسـاغ الطعم[32]، أو البيات الشـتوي[33]، أو الحياة فوق الأشجار إذا كنت ثدييا[34]، أو الدرع الجسدية مثل السلاحف[35]. فما الذي تدلنا عليه هذه الملامح المتفاوتة؟ يبدو أن التفسير الوحيد الذي يوضح التأثير الإيجابي لحجم الجسم ومثل هذا المزيج من الخصائص الأخرى على طول الحياة، هو أنها جميعا تقدم حماية من الافتراس. ومن الجدير بالذكر، أن جورج سي. ويليامـز George C. Williams قد تنبأ بالضبط بمثل هذا النمط في ورقته حول تطور الشـيخوخة والتي نشرت في العام 1957، في وقت كان الجميع فيه، تقريبا، مأخوذا بالنظرية المعيبة لمعدل الحياة[36].

كانت مجادلة ويليام كما يلي: سـوف يميل الانتخاب الطبيعي لتفضيل نوع الكائن الذي يترك العدد الأكبر من النسل، ومن ثمّ فلكي نعرف عدد النسل الذي يتركه أي نوع من الكائنات، قسّمت مدة الحياة إلى أقسام تمثل المراحل العمرية المتعاقبة، وأضيف عدد النسل المنتج في كل قسم. وهي فكرة بسيطة للغاية، غير أنني سوف أقدم صورة مجازية لكي تساعدنا على شرح بعض التعقيدات المهمة.

تُمثل مدة الحياة بسلسلة من عربات قطار، وكل عربة هي مرحلة من مراحل الحيـاة. (كان يمكـن أن أقول إن كل مرحلة هي عربة، لكننـي لن أفعل!) أمام القطـار عربة المحرك، القاطرة، والتي تمثل من الحياة مرحلة الصبا أو التنشـئة. القاطرة لا تحمل ركابا في حد ذاتها، لكن حركتها بالغة الأهمية لمصير كل الركاب

في كل العربـات التي تجرها. فكر في أن الركاب هم النسـل، وسـوف ترى أنهم لن يذهبوا إلى أي مكان إذا توقفت القاطرة. إننا مهتمون بكم من الزمن سـوف يسـتمر القطار، أو كم هو طول مُدّة الحياة، ومن ثمّ دعنا نعتبر القاطرة شـيئا مسـلما به. الانتخـاب الطبيعي، عندما يعمـل على مدة الحيـاة، لا يهتم على الإطلاق، مثلنا تماما، بأية قاطرة تفشل في مغادرة المحطة لأنها لا تحمل نسلا.

وخلـف عربة المحرك الدائرة خط من عشر عربات، ترتبط كل منها بالأخرى بسلسـلة هشـة إلى حد ما معرضة للكسر عشـوائيا. العربة الأولى تمثل مرحلة أصغر سـن بالغ، والعاشرة هي أكبرها سـنا. وسـائق هذا القطار هو الانتخاب الطبيعـي، وهو يحمّل الركاب/النسـل في العربات العشر كلهـا قبل أن ينطلق القطار. في منتصف الطريق إلى المحطة التالية ينكسر أحد الأربطة، وكل النسـل (دعنا من الزعم بأنهم المسـافرون) في العربات الموجودة خلف الرباط المكسور فقدوا. فإذا كنت مسـؤولا عن ملء مثل هذا القطار، وأردت أن تضع أكبر كمية تستطيعها من النسل للوصول إلى المحطة التالية، فأي العربات ستضعهم فيها؟

هذا السؤال من السـهل الإجابة عنه: استخدم العربات الأكثر شبابا وتفادى العربات الأكبر سنا، ذلك أن فرصة فقدان العربة العاشرة التي تمثل مرحلة السن الأكبر، هي الأكبر، لأن هناك تسـع عربات أخرى وعشر أربطة هشـة بينها وبين القاطـرة. فإذا كان هناك احتمال مماثل لفشـل كل رباط من تلك الأربطة، فإن النسـل الموجود في العربة الأخيرة يواجـه خطر عدم الوصول عشر مرات مقارنة بركاب العربة الأولى (الأصغر). هذه الحجة هي نفس الحجة التي استدل بها بيتر مداور على أن المراحل المتقدمـة من العمر تمثل أهمية أقل للانتخاب الطبيعي لأنها تساهم بدرجة ضعيفة في الجيل التالي.

ربمـا كانـت إجابتك عن السـؤال الذي وجهته إليك هي: «سـوف أضع كل النسـل في العربـة الأولى». وهذا من المؤكد أن يكون أكثر الطـرق أمانا إن كان ممكنا، غير أن العربات حجمها محدد، ولديك نسل كثير بحاجة إلى النقل، ومن ثمّ، فعليك أن توزعهم بين العربات. والآن، السؤال هو: إلى أي مسافة على طول القطار سـوف تخاطر بوضع نسـلك؟ الإجابة عن هذا السؤال سوف تعتمد على مدى حجم المخاطرة الذي سيؤدي إلى فشل الأربطة، فإذا كانت المخاطرة عالية،

فإنك سوف تعامل القطار كأنه قصير للغاية وتحمّل فقط العربات القليلة الأولى. والقطـار القصير يماثل حياة قصيرة. وإذا كانت المخاطرة أقل، فإنه يمكن تحميل مزيد من العربات بأمان، وسوف يكون القطار، أو الحياة التي يمثلها، أطول.

كل مـا نحتـاج إليه الآن لتكملـة هذه الصورة المجازية هو أن نكشـف أن الروابط الهشـة التي لا يُعتمد عليها تمثل أخطار الموت الطارئ للبالغين. وتعبير «طارئ» ببساطة يعني أن مصدر المخاطرة خارج تحكم الكائن نفسه، على الرغم من أنه يستطيع الاختباء منه، أو الهرب منه، أو الدفاع عن نفسه باستخدام وزن جسده وحده. ونعود الآن من الصورة المجازية إلى الواقع، فنرى لماذا تنبأ ويليامز بأن ارتفاع معدل الوفيات بين البالغين يرجح حياة قصيرة، بينما انخفاض المعدل يرجح حياة أطول.

لا بـد أن يرتفع صوت صفـارة تحذيرية واحدة، إنه إنذار لكي ننظر يسـارا ويمينا قبل أن نخاطر بعبور السكة الحديدية، خشية أن تحصدك صورتي المجازية في طريقها وهي تسـير فوق التل. لقد وصفت العملية التطورية التي تقرر طول الحياة كأن الانتخاب الطبيعي يختار بطريقة مقصودة موجهة إلى الهدف كم من العربات ينبغي ملؤها، لكن الفكـرة مضللة ولا ينبغي قبولها حرفيا. فالانتخاب الطبيعـي أعمى بالنسـبة إلى كيفية ملء العربات ولا يحصى عدد النسـل حتى يصلوا بسلام إلى مقصدهم. وعلى العكس، هناك ألف، أو مليون، أو مليار قطار، وكل تلـك القطارات التي تنجح في تسـليم النسـل هي النوع الـذي يتكاثر في المحطة التالية، بينما القطارات الأطول أو الأقصر من الحد الأمثل تصل إلى توقف شائن في تحويلة جانبية من النسيان.

فـإذا أجرينـا مقارنة بين نظرية معدّل الحياة ونظريـة معدّل الوفيات التي وصفتها من فوري، فسـيظهر فارق مهم بينهما وهو أن الأخيرة تتعامل على نحو صريـح تماما مع كيف أن طول الحياة يتشـكل بفعـل الانتخاب الطبيعي، بينما الأولى يغيب عنها هذا الموضوع. وتتنبأ نظرية معدّل الوفيات بوجود استمرارية لأنواع تاريـخ الحياة، من القطارات السريعة قصيرة الحياة والتي تسـير بسرعة من جيل إلى آخـر، إلى القطارات البطيئة طويلة الحياة التي تأخذ وقتها بين كل محطة جيل ومحطة الجيل التالي.

تتنبأ نظرية معدل الحياة بأن طول الحياة يتناسب طرديا مع معدّل الأيض، غير أن هذا التنبؤ جرى تفنيده باكتشاف أن حيوانات مثل الطيور تعيش حياة أطول وعملياتها الحيوية سريعة. أما نظرية معدل الوفيات فتقول إن مقولة «عش سريعا، تمُتْ صغيرا» هي قاعدة بالفعل للحياة، غير أن ما يجري «سريعا» أو «بطيئا» ليس العمليات الحيوية، بل سرعة دورة الحياة كما تُقاس بزمن الجيل. وبهذا التعريف، تعيش الطيور والخفافيش حياة أكثر بطئا في المعدّل من الحيوانات الأرضية، وليس أكثر سرعة.

وربما خطر لك أن هناك مشكلة مع اختبار نظرية معدل الوفيات: أليس من المحتم أن الجماعات المعرضة لنسبة وفيات أكبر سوف تعيش حياة أقصر؟ نعم، ومن ثمّ، فإن ما ينبغي أن يظهر من الاختبار الجيد إذا كانت النظرية سليمة ليس مجرد أن هناك علاقة بين معدّل وفيات البالغين وطول الحياة، بل إن التطور قد غيّر الشيخوخة بناء على تأثير معدل الوفيات.

يتطلب قياس معدلات الشيخوخة في الجماعات الحية التي تعيش في الطبيعة جمع معلومات مفصلة حول الكثير من الأفراد على مدى فترات زمنية طويلة للغاية، وبالتالي فإن هذه البيانات أصعب في جمعها من مجرد إحصائيات طول العمر. بيد أن البيانات المتاحة حول الطيور والثدييات تبين لنا بالفعل، كما كان التنبؤ، أن الشيخوخة أسرع في الجماعات المعرضة لوفيات مرتفعة[37]، وأن الطيور والثدييات الأرضية التي لها نفس زمن الجيل تشيخ بالنسبة نفسها[38]. هذه الاكتشافات توحي بأن الثدييات الأرضية لو كانت لها حياة أسرع بشكل عام من الطيور، فلا بد أن السبب هو أن زمن الجيل أقصر في المعدل بين الثدييات، وأن ذلك، بالتالي، لا بد أن يكون بسبب أن وفيات الحيوانات البالغة أعلى في المعدل بين الثدييات.

حتى الآن تبدو الأمور جيدة بالنسبة إلى نظرية معدّل الوفيات، غير أن الروابط، كما اكتشفنا في حالة نظرية معدل الحياة التي فقدت مصداقيتها الآن، يمكن أن تكون مضللة بالقدر نفسه، حيث إنها خادعة. وسيكون من الأفضل أن يكون لدينا دليل تجريبي، وبالطبع، ذباب الفاكهة سوف يسعده أن يتكرم علينا. تُجْرَى تجارب ذباب الفاكهة في زجاجات بحجم ربع الليتر تقريبا من النوع الذي

كان يستخدم لبيع اللبن في الماضي. توضع في الزجاجة كمية معيارية من الطعام، ويُحصى عدد محدد من بيض الذباب في كل زجاجة. يفقس البيض لتخرج منه يرقات دقيقة الحجم، وتصنع أنفاقا داخل الطعام وهي تلتهمه. وبعد أسبوع تصبح اليرقة مكتملة النمو، وتتسلق جوانب الزجاجة، وتلتصق بالزجاج وتتحول إلى عذراء في طور الكمون. وداخل قشرة العذراء يحدث تحول مدهش حيث تتحول أنسجة اليرقة إلى مادة لزجة ثم تعيد ترتيب نفسها في هيكل معقد للذبابة الكاملة، ويكتمل هذا التحول المذهل في أسبوع آخر، وتخرج الحشرة الكاملة.

وقد تظن أن هذا يبدو نظاما تجريبيا بسيطا وأنه ليس ثمة احتمال للخطأ، غير أن المشكلة هي تصميم التجربة التي تعطي إجابة واضحة لا لبس فيها حتى على سؤال يبدو في الظاهر مباشرا تماما، مثل: «هل الزيادة في معدل وفيات الحشرات البالغة نتيجة أمر طارئ غير متوقع يمكن أن تتسبب في تقصير مدة الحياة؟» والصعوبة تتمثل في التخلص من تلك المتغيرات الثالثة الخفية المزعجة. وهكذا، على سبيل المثال، يمكن لمن يجري التجربة أن يجمع الذباب من مجموعة من الزجاجات ليفرض زيادة في معدل الوفيات، بيد أن المعالجة قد تتسبب في تقليل كثافة الذباب في الزجاجات التي تستقبل هذه المجموعة المنتقاة، وبالتالي يحدث نقص في الزحام السكاني للزجاجة، بالإضافة إلى التأثير المقصود بإحداث معدل وفيات أعلى. يمكن هنا أن يكون أي تأثير، أو في الواقع أي نقص في المؤثرات على طول حياة الذبابة، يمكن أن يكون نتيجة التغير في كثافة المجموعة، أو التغير في معدل الوفيات، أو الاثنين معا.

ابتليت تفسيرات بعض المجربين المبكرين بمشكلات من هذا النوع، وبالتالي لم يحدث حتى نهاية القرن العشرين أن جرى تصحيح كل التجاعيد التجريبية ووضعت نظرية معدل الوفيات تحت اختبار لا لبس فيه[39]. كان المجربون يجمعون الذباب من الزجاجات مرتين أسبوعيا، وكانوا يحافظون على كثافة السكان بعد كل قطفة بإضافة العدد نفسه من ذبابات جديدة. كانت للذبابات المعالجة، بحيث يكون معدل الوفيات منخفضا لديها، فرصة بقاء لمدة أسبوع بنسبة 64 في المائة، أما لتلك المعالجة لمعدل وفيات مرتفع، فكانت النسبة 1 في المائة فقط. أجريت التجربة لأكثر من 50 جيلا، وهو ما يعادل نحو 1000 سنة

في الإنسان. وبعد هذا العدد الكبير من الأجيال هل تطور الذباب المعالج بمعدل وفيات مرتفع وأصبحت حياته أقصر أمدا؟ جرى تناول هذا السؤال بإزالة ذباب مــن التجربــة، وجعلها تضع البيض في زجاجات جديــدة، ثم جرى قياس معدل الوفيــات الطبيعي للذباب الجديد على مدى 100 يــوم. وهنا أيضا حوفظ على ثبات كثافة الســكان بوضع ذبابات جديدة بدلا مــن الميتة. وعندما كان يجري إحصــاء الذباب كانت الذبابات «الزائدة» تفصل عــن ذبابات التجربة باختلاف في لون العين.

وكــما تنبأت نظرية معــدل الوفيات، فقد نَقُص طول الحيــاة كثيرا بتطبيق معــدل وفيات طارئة مرتفع، على الرغم من أن التغير الذي نشــأ على مدى 50 جيلا من الانتخاب كان صغيرا للغايــة. أصبحت الذبابات المعالجة بحيث يكون معدل الوفيات مرتفعا تعيش في المعدل نحو 4.5 يوم فقط، أو بنسبة 7 في المائة أقــصر من الذبابات التي حُفظت في أحوال تقلــل مخاطرة الموت الطارئ كثيرا. غير أنه حدث تغيير أيضا لدى الذباب المعالج بمعدّل وفيات مرتفع في نمط وضع البيض، بحيث وصل إلى ذروته في ســن مبكــرة عن الذباب المعالج بحيث تكون نسبة الوفيات منخفضة.

ويبــدو من غير المحتمــل أن قصر مدة حياة الذباب المعــرض لنظام معدّل وفيات مرتفع كان نتيجة تراكم طفرات جديدة متأخرة التأثير على مدى خمسين جيــلا فقط. وعلى العكس، لا بد أن الانتخــاب الطبيعي قد رجح التنوع الجيني الــذي يؤدي إلى تكاثر مبكر. وكما رأينا في الفصل الســادس، للتكاثر تكلفة تؤثر على البقاء في الســن الكبيرة، ومن ثمّ فربما كان التكاثر المبكر في الذباب المعرض لمعالجة معدل وفيات مرتفع هو نفســه الذي تســبب في تقصير حياته[40]. ومن المؤكد أن هذه هي الطريقة التي تتكيف بها مدة حياة الأعشاب الضارة Weeds مــع أحوال الوفيات المرتفعة، حيث إن غياب خلية حســية منفصلة في النباتات يعني أن نظرية مداور الخاصة بتطور الشيخوخة غير صحيحة.

تعريف الأعشــاب الضارة هو ببساطة «نبات في المكان الخطأ»، والذي يعني في أغلــب الأحوال نباتا نما عشــوائيا، فمن ذلك الذي يســتطيع أن يقول ما هو «المكان الخطأ»؟ غير أن تعبير «عشــب» إشــارة جيدة جــدا إلى معدل الوفيات

الطارئــة المفــروض على هــذه النباتات من جانــب البســتانيين. أجريت بعض الدراسات لعمل مقارنة بين مدة حياة اثنين من الأعشاب المنتشرة جدا، الشيخة الشــائعة وحشيشــة القزاز، واكتشــفت تلك الدراســات أن مدة الحياة لهذين النوعين في العديد من الحدائق النباتية في بريطانيا، التي يقوم فيها البســتانيون بنزع الأعشــاب بدأب، أقصر كثيرا مــن النباتات من نفــس النوعين، التي تنمو في البيئــة الطبيعية. ويبدو أن البســتانيين قد أنجــزوا تجربة غير مقصودة على الأعشاب، وبتطبيق معدل وفيات طارئة أعلى، فقد أدى عملهم إلى إنتاج نباتات ذات تزهير مبكر ومدة حياة أقصر.

ويبدو أيضا أن التكيف على أنظمة وفيات مختلفة يفسر الاختلافات في وقت الإزهار بين نوعين من زهرة الجنتيانا (الكوشــاد) كانا يعتبران حتى وقت قريب نوعــين مختلفين، أحدهما، الجنتيانا المبكــرة، تزهر في الربيع، وتعيش في مواطن تتعرض للرعي المكثف، حيث تكمل دورة حياتها فقط في 14 أســبوعا. أما النوع الآخر، جنتيانا الخريف، فيعيش وسط أعشاب أطول وأقل تعرضا للإزعاج، ويزهر في خريف سنته الثانية. وقد وجدت الدراسات التي أجريت على جينات النباتين أنهــا متماثلة للغاية، حتى إنهما لا بد من تصنيفهــما كنوع واحد[41]. ويبدو أن الجنتيانــا المبكرة قصيرة العمر هي مجرد شــكل من جنتيانــا الخريف غير أنها طورت مدة حيــاة أقصر نتيجة ارتفاع معدل الوفيــات الطارئة نتيجة الرعي في الموائل التي وجدت فيها. وهذا الاكتشــاف له نتائج مهمة بالنســبة إلى الحفاظ على النباتات، حيث إنه فيما سبق كان الجنتيانا المبكرة أحد أنواع النبات القليلة جدا التي يمكن وصفها بأنها فريدة (كنبات مستوطن) في الجزر البريطانية. وربما يجد النباتيون البريطانيون سلوى في معرفة أن لديهم أسرع جنتيانا في الغرب.

ومثل النباتات، تكثر بــين الحيوانات أيضا أمثلة أخرى من تطور مدة الحياة لتتناســب مع الأحوال المحلية. اكتشــف ســتيفن أوســتاد، الذي بيّن أن نظرية معدّل الحياة تتناقض مع معدلات الأيض لدى الجرابيات والخفافيش، اكتشــف مثــالا يمكــن اعتباره تجربة طبيعية حــول تأثير معدل وفيــات الكبار على مدة الحياة. ففــي أثناء عمله في أمريكا الجنوبية لاحظ أن حيوانات الأبوســوم التي كان يدرســها هناك تشيخ بمعدل صادم. «كنت أمسك بها؛ وتبدو في حالة رائعة.

كانت حيوانات بالغة في حالة صحية ممتّازة. ثم أمسك بها بعد ثلاثة أشهر، وإذا بهـا تبدو في حالة مريعة، مصابة بالطفيليـات، مصابة بالتهاب المفاصل، عيونها مصابة بإعتام العدسـات، كانت في حالـة انهيار»[42]. فهل يمكن أن يكون ارتفاع معدل التعرض للافتراس هو السـبب في شيخوختها المبكرة؟ وفكر أوستاد في أنه إذا استطاع أن يجد مجموعة من الأبوسوم محمية من الافتراس لعدة أجيال فإنه يمكن أن يختبر فرضية أن حياة الحيوانات تحت مخاطر أقل من الوفيات الطارئة تجعلها تشـيخ بدرجة أبطأ. في النهاية وجد ما كان يبحث عنه في جزيرة سيبالو Sapelo، التي تقع على بعد خمسة أميال عن ساحل جورجيا.

كانت الأبحاث السـابقة حول الحياة الحيوانية في جزيرة سـيبالو قد أكدت عدم وجود الحيوانات المفترسـة الكبرى مثل الأسـد الأمريكي والثعلب والوَشَق. وكان أول شيء لاحظه أوسـتاد هو أن الأبوسـوم في الجزيرة لم يظهر سلوكا يدل على محاولة تجنب الحيوانات المفترسـة. كانت حيوانات الأبوسـوم التي تعيش عـلى أرض القـارة ليلية، غير أن هـذه الحيوانات تتجول أثناء النهار، وتتشـمم الأرض من دون أن تتجشـم مشقة محاولة الاختباء في جحور تحت الأرض مثلما تفعل دائما حيوانات الأبوسوم في القارة[43]. كان من السهل الإمساك بالحيوانات، ووضـع العلامات عليها، ثم تركها، فتراكمت البيانات، وشـعر أوسـتاد بالانفعال والإثارة وهو يكتشـف أن معدل الشـيخوخة كان نصف مثيلـه عند حيوانات القـارة التي ظل يراقبهـا للمقارنة[44]. كانت حيوانات الأبوسـوم القارية تنجب مرة واحدة، وتنتج عددا كبيرا من الأبناء؛ ونادرا ما تنجب مرة ثانية، وإذا فعلت فبقليل من النجاح. أما أبوسوم سيبالو فكان عدد الصغار في كل مرة أقل، غير أنها دائما كانت تنجب مـرة ثانية، ولم تكن تفقد خصوبتها. هذا الفارق هو بالضبط ما تتنبأ به نظرية الوفيات الطارئة.

يبـدو أن مقولـة «عش سريعا، تمُـتْ صغيرا» - ومعكوسـتها: «عش بطيئا، تمُـتْ عجـوزا» - هي قاعدة لا بد أن تعيش بناء عليهـا كل الكائنات. إن سرعة الحياة ليست لها علاقة كبيرة بمعدل العمليات الحيوية، ولها علاقة كبيرة بمعدل سرعة تعاقب الأجيـال. هذا المعدل تضبطه مخاطر حياة الكبار. والنوع البشري يعيش الحياة ببطء بالغ، حتى بالنسبة إلى مستويات التكاسل التي تبديها أقاربنا

من الرئيسيات. فلماذا جعلنا التطور بهذا التراخي والتكاسل؟ من الممكن أن تتنبأ نظرية معدل الوفيات بأن الإجابة تكمن في قدرة أسلافنا على الهروب من معدلات الوفيات المرتفعة للكبار، وهو من الخصائص النمطية للثدييات كمجموعة. تسكن الرئيسيات على الأشجار، وهذا الأسلوب للمعيشة يرتبط بحياة أطول في جميع الثدييات التي تشترك في هذه العادة[45]، ولهذا فقد بدأنا بميزة حملناها معنا عندما تخلى أسلافنا عن الحياة على الأشجار. وهناك نمط آخر وجدنا أنه سائد بين الثدييات: هو أن الأنواع ذات الأمخاخ الأكبر حجما تعيش حياة أطول[46]. ومن ثمّ فإن حيواتنا البطيئة لا بد أيضا أن تدين بشيء لسرعة بديهتنا وذكائنا. هذه البديهة السريعة أيضا مسؤولة عن القفزة الكبرى في طول العمر التي أنجزها نوعنا البشري: مضاعفة مدة الحياة على مدى السنوات الـ200 الأخيرة. هل لدينا الآن البديهة والعلم لتجاوز ما جرى لتيتون والتمتع بشباب دائم؟

9

شباب دائم؟... الآليات

أتمنى أن تكون يداك دائما مشغولتين

وأن تكون قدماك دائما سريعتين

وأن يكون لك أساس قوي

عندما تهب رياح التغيير

أتمنى لقلبك أن يكون دائما فرحا

وأن تتردد دائما أغنيتك

أتمنى لك أن تعيش إلى الأبد في شباب دائم

بوب ديلان، «شباب إلى الأبد»

«على الرغم من حقيقة أن البشر لم يَهزموا الشيخوخة، حدثت زيادة هائلة في معدل طول حياة الإنسان من العام 1840، حيث زادت 15 دقيقة لكل ساعة في مدة الحياة على مدى السنوات المائة والسبعين الماضية».

كتب بوب ديلان Bob Dylan هذه الكلمات الشهيرة لأحد أطفاله. وعندما ننظر إليها من منظور السن، نجد أن جمال الشباب، ذلك الجمال المرن الخالي من الشوائب، شيء مدهش، ربما على وجه الخصوص بالنسبة إلى الأبوين. لا شيء يذكرنا بشدة بقدرة العمليات البيولوجية على إعادة ترتيب مرور الزمن مثل تلك الفطرية التي نجدها في الطفل، الناشئ طازجا من خط البذرة. وما أقسى أن

نرى ونحن نكبر في السن أجسادنا تعاني من جراء دفع الغرامات المتراكمة لخصوبة الشباب.

على مدى قرون طويلة، كان الفلاسفة يحلمون بالعثور على إكسير الشباب، لكي يتمكنوا من التمتع بشباب دائم، لكن لم يحاول أحد - ولو بقدر ضئيل - أن يفهم ما الشيخوخة، أو لماذا تحدث، ومن ثمّ لم يكن لديهم أدنى أمل في التغلب عليها. أما الآن، وقد فهمنا ليس فقط كيف تتدهور الوظائف البيولوجية، ولكن أيضا السبب في حدوث هذا التدهور، فهل تقدم لنا هذه المعارف العلمية أملا جديدا، أو أن كل ما تفعله هو إضرام النار في وهم طالما حلمنا به؟

كتب روبرت هاينلين Robert Heinlein رواية من الخيال العلمي بعنوان Methuselah›s Chil-dren (أبناء متوشالح)، تروي قصة مليونير في القرن التاسع عشر اسمه إيرا هاورد، يجد أنه يشيخ في سن مبكرة قبل الأوان، ويستخدم ثروته لإنشاء مؤسسة مهمتها اكتشاف كيف يمكن إطالة حياة الإنسان[1]. وبعد موت هاورد، تتبنى المؤسسة برنامجا للتنشئة تبحث فيه عن أبناء العائلات طويلة العمر، وتشجعهم على الزواج بعضهم من بعض، وتكافئهم ماليا لكل طفل ينجبونه من هذا الزواج. ويستمر مخطط الحفز جيلا بعد جيل حتى تصبح لأعضاء عائلات هاورد مدة حياة طبيعية تصل إلى أكثر من 200 سنة، على رغم أنهم يبدون طبيعيين تماما، وهكذا تبدأ القصة. وعلى العائلات التحايل لإخفاء أعمارها الحقيقية عن عامة الناس من «سريعي الزوال» الذين يعيشون مدة حياة طبيعية، ولكن هذا يزداد صعوبة بمرور الوقت. وعندما يكشف البعض منهم حقيقة أعمارهم، يرفض سريعو الزوال تصديق أن مثل هذه الأعمار الاستثنائية نتجت عن أجيال من الإنجاب الانتقائي، ويتهمون عائلات هاورد بإخفاء إكسير سري بدافع الأنانية. ذلك أن سريعي الزوال يريدون علاجا سريعا للشيخوخة، ولا يصدقون أن مثل هذا العلاج غير موجود.

هذه الحالة مناظرة لما نحن فيه الآن في علم طول العمر. يمكن أن تكون لديك جينات ترجح حياة طويلة، ذلك إن كنت سعيد الحظ بوراثتها، وهناك ديدان، وذباب، وفئران، يمكن التحكم فيها جينيا لتكتسب حيوات أطول. ومن الواضح جدا أن التطور أطال مدة الحياة في بعض الأنواع الحية وقصرها في أنواع أخرى. وقد كنا نحن البشر من المستفيدين من هذه العملية الخاصة بالانتخاب الطبيعي، حيث إننا نعيش أطول

من أي نوع آخر من الرئيسـيات. ومن خلال التقدم الاقتصادي والاجتماعي والطبي، تقدّم معدّل طول الحياة بنحو 15 دقيقة في السـاعة على مدى القرنين السـابقين[2]. لكن هذا التقدم لا يُشبع نهمنا للحياة، ونطالب بإكسير يطيلها.

تمتلئ دكاكـين الأطعمة الصحية بالمكملات الغذائيـة التي تحتوي على مضادات الأكسـدة وغيرها من المواد التي تبطئ الشـيخوخة زعما أو إيحاء. وقد اقترح دنهام هارمان نفسـه في ورقته الأصلية في العام 1956 أنه من الممكن تقليل الأضرار الناتجة عـن الجذور الحرة للأوكسـجين (الشـقائق) بتغذية الخلايا بجزيء مضاد للأكسـدة يمسحها مسحا. كانت تلك فكرة متقدمة كثيرا عن زمنها، لكنها لا تبرر ما ظهر بعد 60 عاما من مليارات الدولارات التي تُنفَق على المكملات الغذائية المضادة للأكسدة. لقد أجريت العديد من التجـارب المعملية حول مدى فاعلية المكملات الغذائية المضادة للأكسـدة، مثل فيتامينات أ، وسي، وإيه، والبيتا كاروتين، وفشـلت كلها في إظهار أي فوائد واضحة، وفي بعض الحالات أظهرت التجارب بعض المخاطر الصحية[3].

بعـض مضادات الأكسـدة موجودة بشـكل طبيعي في الغذاء المتـوازن على أي حال، وربما تكون إحدى نتائج تلك التجارب أن الطبيعة نفسـها اسـتطاعت بالفعل أن تغطي مشـكلة الجذور الحرة بدرجة كافية. بالإضافة إلى ذلك، إننا نعرف الآن أن الجذور الحرة الأوكسـجينية ليسـت مجرد نتائج جانبية خطـيرة للعمليات الحيوية، ولكنها في الواقع تخدم عددا من الوظائف الحيوية المهمة، وعلى سـبيل المثال، تفيد في النمو والتطور وكذلك في الجهاز المناعي[4]. كانت الفكرة الأساسـية لدنهام هارمان أن الجذور الحرة الأوكسـجينية من المحتمل أن تكـون ضارة، وكانت فكرة صحيحة، ولكـن الآن أصبـح واضحا أن هذا أبعد ما يكون عن القصة الكاملة وأن كمية الضرر، أو الإجهاد التأكسدي، التي تتسبب فيها منظمة داخل الجسم. وكما هي الحال دائما، عندما نتفحص آليات البيولوجيا، نجد أن الأمر معقد.

أحد أسـباب التعقيد في هذا الأمر هو وجود طرق متنوعة يمكن بها التعامل مع الإجهاد التأكسدي، ويبدو أن الكائنات المختلفة يتعامل كل منها معه بطريقة مختلفة. وعلى سبيل المثال، وجدت إحدى الدراسات بعض الأنسجة في المحار الأيسلندي - هذا المحار الملزمي الذي يُقال إنه سـجل الرقم القياسي لطول العمر في الحيوانات - تنتج كميات أقل من الجذور الحرة الأوكسـجينية مما هو موجود في المحار الصلب الأقصر

حياةً بكثير، ولكن أنسجة أخرى لا تفعل ذلك[5]. وعلى رغم أن الدراسة نفسها وجدت أن المحار الأيسلندي أكثر مقاومة للإجهاد التأكسدي من المحار الصلب، فإنها وجدت أيضا أنه لا يوجد فارق بين الأنواع في نشـاط الأنزيمات المضادة للأكسـدة مثل سوبر أوكسـيد ديسـميوتاز. وكلما كان النوع يتمتع بحياة أطول، كانـت مقاومته للإجهاد التأكسدي أكثر من النوع الأقصر حياة، ولكن ما السبب بالضبط؟ لا نعرف.

السـمندل الأعمى ذو الخياشـيم الخارجية olm salamander، ساكن الكهوف، والمسمى بسمكة الإنسان، وهو في حجم الإصبع فقط، يعيش قرنا كاملا، ويفعل ذلك من دون مستوى مرتفع بدرجة غير معتادة من مضادات الأكسدة[6]. وكذلك فأر الخلد العاري، متوشـالح القوارض، لا يمتلك أي حماية خاصة ضد الإجهاد التأكسدي، ولكنه يعيش أطول بعـشر مرات من أكثر الفئران تمتعا بالصحة الجيدة، على رغم ما يعانيه من تراكم مسـتويات مرتفعة من الدمار للدنا والبروتينات بسـبب الأكسدة. ويبدو أنـه يتحمل هذا المسـتوى من الإجهاد عن طريق منع الخلايـا التالفة من التكاثر[7]. وكان التدمير الأكبر لنظرية الإجهاد التأكسـدي هو التجارب المعملية التي أظهرت أن التلاعب الجيني بمسـتويات مضادات الأكسـدة في الفئران والديدان الخيطية يؤثر في مستويات من الإجهاد التأكسدي، لكن ليس له تأثير في مدى طول حياة الحيوان[8].

للوهلة الأولى، قد يبدو أن هذا الدليل يقضي تماما على فكرة أن الإجهاد التأكسدي يمكـن أن يؤثر في طول العمر، ولكن التجارب المعملية لها حدود رأيناها من قبل ولا ينبغي نسـيانها. والواقع أن أولى التجارب الجينية التي كشـفت عن جينات يمكن أن تطيل حياة الديدان الخيطية بدا أنها تفعل ذلك من دون أي عواقب سـلبية أو دفع الثمـن للتكاثر (انظر الفصل الثاني). وفيما بعد، تبين أن الديدان عندما تُربى في بيئات طبيعية أكثر وليس في أطباق التجارب، سرعان ما يحل النوع البري القصير العمر منها محل النوع المتحول الطويل العمر. ومن ثمّ، بالتناظر، من الممكن أن يتبين في المعمل أن وجود مسـتوى مرتفع من الإجهاد التأكسدي لا يضعف أو يقلل من معدّل البقاء، لكن إثبات أن هذا صحيح أيضا في الطبيعة أمر آخر تماما.

والطيـور نموذج مهم على وجـه الخصوص يمكن اسـتخدامه لاختبار مدى تأثير مضـادات الأكسـدة في البقاء في الطبيعة، لأن نوعا من مضادات الأكسـدة يسـمى الكاروتينـات carotenoids، هو السـبب في وجـود الصبغات الحمـراء والبرتقالية

والصفـــراء التـــي يتلون بها ريش بعض أنـــواع الطيور، ومن ثمّ فـــإن هذه الحيوانات في حاجـــة إلى كميـــات كبيرة من الكاروتينـــات. والكاروتينات أيضـــا هي التي تعطي صفـــار البيـــض لونه. وعلى رغـــم أهميـــة الكاروتينات، فـــإن كل الحيوانـــات تفتقد المســـارات البيوكيميائيـــة لإنتاج ما تحتاج إليه منها، ومـــن ثمّ لا بد من الحصول على هـــذه الجزيئات، مثل الفيتامينـــات، من الغذاء. في الطيور، كـــما في الحيوانات، نجد أن الذكـــر هـــو الذي يميل إلى اكتســـاب ألوان زاهية (فكّر، على ســـبيل المثال، في ذكر الطـــاووس المختـــال في مقابل الأنثى ذات اللون الكالح)، أمـــا الأنثى فهي التي تنتقي الذكـــر الـــذي تريده. فهل يمكن أن تكـــون الأنواع الحية التي تســـتخدم الكاروتينات لتلوين ريشها، وكلما كان ريش الذكر أكثر بريقا كان هذا دليلا على أي الذكور أفضل تحصينا بمضادات الأكسدة، بما يعني أنه يعطي الإناث معلومات يمكن أن تستخدمها لاختيار الأب الأفضل لنسلها؟[9].

والكاروتينـــات مضادات ضعيفة للأكســـدة، وبالتالي، على رغـــم وجود جاذبية في فكرة أن ذكر الطيور ربما يســـتخدم خصائص صبغات تلك الجزيئات ليدل على مدى كونه مرغوبا كقرين، فهي فرضية يمكن أن تنهار بسهولة. وهذا ما يجعل نتائج اختبار الطائـــر أصفر الرقبة الشـــائع أكثر روعـــة. والطيور صفراء الرقبة الشـــائعة هي طيور صغيرة جاثمـــة موجودة طوال معظـــم الصيف في الولايات المتحـــدة. والذكور تتمتع برقعة صفراء زاهية للغاية على الرقبة. وفي دراســـة لمجموعة منها بالقرب من ألباني، نيويورك، اكتُشـــف أن هـــذه البقعة زاهية أكثر في الذكور التـــي تتمتع بصحة أفضل، وهـــي أيضا الذكور التي تفضلها الإناث[10]. والحاســـم في هـــذه الفرضية التي لا تزال تحـــت الاختبار، أن الذكور ذات الرقع الصفـــراء الزاهية على الرقبة كلما كانت زاهية أكثر كان معدل مستويات التدمير الناتج عن الأكسدة في الدنا لديها أقل، وتلك الطيور ذات معدلات التدمير الأقل في الدنا استطاعت احتمال الشتاء بشكل أفضل.

واكتُشـــف أيضا أن معدلات مضادات الأكســـدة ترتبط بالبقاء في جماعات طيور برية أخرى. كل عام تقوم طيور سنونو المخازن barn swallows برحلة هجرة مضنية من مواقع أعشاشها في أوروبا، وعبر الصحراء حتى الأجزاء الجنوبية من أفريقيا، حيث تقضي الشـــتاء قبل أن تعود مُخلصةً إلى مواقع الأعشـــاش نفسها في الشمال. وأُجريت دراســـة لمدة خمس سنوات على ثلاث مســـتعمرات إيطالية لهذا الطائر ووجدت أن

طيور السنونو من كلا الجنسين التي لديها معدلات مضادات الأكسدة أعلى في دمها عاشت فترة أطول كثيرا من الطيور التي يقل هذا المعدل لديها[11]. وأُجريت دراسة على سنونو المخازن في الولايات المتحدة، وهو طائر قريب للغاية من السنونو الإيطالي، ووجدت أن نجاح التكاثر لديه يرتبط بمدى تركيز الكاروتين أثناء موسم التزاوج[12].

يقال في الأمثال إن سنونو واحدا لا يدل على موسم الصيف، لكن هذه الدراسات الميدانية قد تشي بفرصة تأجيل، أو ربما مجرد مهلة مؤقتة، لحكم الموت نتيجة نظرية الجذور الحرة الأوكسجينية. وينبغي أن تجعلنا هذه الدراسات نقف لحظة لنفكر في ما إذا كانت أسباب الشيخوخة تتلخص في آلية واحدة، أو أنها متعددة ومتنوعة بين الأنواع الحية.

وحيث إن كل الأسئلة الجوهرية تتعلق بالشيخوخة، فمما يستحق الذكر أن جي. سي. ويليامز G. C. Williams فكر في هذا الأمر منذ العام 1957، وقد صدق الكثير من تنبؤاته. وقد جادل بأنه «ينبغي أن تكون الشيخوخة دائما تدهورا عاما، ولا ترجع أبدا في أغلبها إلى تغيرات في جهاز واحد»[13]. ويمكن أن نفهم هذا الاستدلال لو أعدنا قطار الحياة المجازي إلى العمل. تذكر أن كل عربات الركاب تمثل مراحل متعاقبة من العمر أثناء مدة الحياة. وأقرب العربات إلى عربة المحرك هي أصغر هذه المراحل، وكل من المراحل التالية هي الأكبر من التي قبلها. في السابق، افترضنا أن كل الروابط التي تصل العربة بالتالية لها معرضة بالقدر نفسه لفرصة الانكسار، وأن هذه الفرصة تمثل خطر الموت نتيجة أسباب طارئة أو خارجية. والآن، دعونا نتوسع في هذه الفرضية، ونقول إن تركيب الروابط نفسها سيكون له بعض التأثير في تعرضها لفرصة التداعي. في الواقع، دعونا نقُل إن كل رابطة تتكون من سلسلة بها أربع حلقات.

نستطيع القول، مجازيا، إن كل حلقة من الحلقات الأربع تمثل نظاما بيولوجيا مختلفا، كل واحد منها مهم للغاية للبقاء بعد سن معين. وعلى سبيل المثال، من الممكن أن نجد إحدى الحلقات تمثل الجهاز المناعي، وحلقة أخرى تمثل المقاومة ضد السرطان، وثالثة تمثل المقاومة للإجهاد التأكسدي، ورابعة تمثل إشارة أنسولين متكافئة. أما قوة السلسلة فهي تساوي قوة أضعف حلقاتها، ومن ثمّ فإن كل الحلقات لابد أن تتماسك لو كان للعربة أن تبقى حتى نهاية الرحلة. والآن، فلنقل إن الشيخوخة تتمثل في ترقق كثافة المعدن الذي تصنع منه الحلقة. فكل حلقة بين العربات الأصغر

قويــة ومتينة، ولكن تلك الحلقات التي تربط العربات الأكبر إلى القطار مصنوعة من صلب تقل صلابته وكثافته أكثر فأكثر، ذلك أن مساهمة النسل في العربات الأقدم، كما نعلم بالفعل، ضعيفة للغاية فيما يختص بالأجيال المســتقبلة، ومن ثمّ فإن الانتخاب الطبيعي قليل الاهتمام، أو لا يهتم إطلاقا بالحفاظ على تلك العربات أو مراعاتها.

والآن دعنا ننزل إلى المسار مع طاقم الصيانة، ونفحص ماذا يحدث للروابط حول منتصــف القطار. هذه العربات تمثل أواســط العمر، والانتخــاب الطبيعي بدأ يفقد الاهتــمام بها، لكن لا يزال من الممكن اعتصــار بعض الفائدة منها. أوه، انظر! إحدى الحلقات الأربع في الرابطة أضعف كثيرا من الثلاث الأخريات. نفحص بضعة قطارات أخــرى، فيتأكد لنا ذلك. إنها دائما الحلقة نفســها من بــين الحلقات الأربع - مقاومة الإجهاد التأكسدي بدأت تضعف.

إذا كان طاقم الصيانة موجها عن طريق الانتخاب الطبيعي، فماذا عليه أن يفعل؟ من الواضح أن أفضل إستراتيجية هي إصلاح المشكلة بتقوية أضعف الحلقات. وهذا هو كُنْــه مجادلة ويليامز: إذا بدأ أحد الأجهزة الحيوية يضعف قبل الأجهزة الأخرى، فســوف يقوم الانتخاب الطبيعي بتقوية هذا الجهاز. ووجــود دفاعات ضد الإجهاد التأكســدي يثبت هذه النقطة. اخترع الانتخاب الطبيعي سوبر أوكسيد ديسميوتاز، الأنزيمات المضادة للأكسدة، وآليات أخرى، لإصلاح المشكلة، ليس تماما، ولكن حتى لا تصبح هي السبب الوحيد والشامل للشيخوخة. أي حلقة حيوية تبدأ في التداعي قبل الأخريات ســتكون موضع انتباه طويل المدى من الانتخاب الطبيعي. ثم، عند النقطة في مــدة الحياة التي يفقد فيها الانتخاب الطبيعي قدرته كلها، أي شيء يمر، وكل شيء يفقد قدرته أيضا. وهذا هو السبب في أن عامل الخطورة الأكبر المتسبب تقريبا في كل مرض في دائرة المعارف الطبية هو عُمر المريض، إنها الشيخوخة.

هذه المجادلة لها تأثيرات مهمة بالنســبة إلى فكرة أننا قد نتمكن من العثور على إكسير الحياة الذي سوف «يشفي» الشيخوخة. إذا كانت الشيخوخة شيئا واحدا، ربما كان يمكن علاجها، ولكنها ليســت كذلك. إنها فشــل عام لأجهزة متعددة من أجهزة الجســم. وبهذا، فإن أفضل مــا يتيحه لنا ميراثنا التطوري هــو إطالة القطار، وتأخير الشــيخوخة؛ فلا يمكننا إلغاؤها كليا. وفي النهاية، كل شيء ما عدا خط التناسل يشيخ ويموت، بما يشمل كل الأنواع التي استطاعت الوصول إلى طفرة تطيل العمر[14].

يعتقد بعض العلماء أن الشـيخوخة يمكن هزيمتها تدريجيا، بإصلاح أحد أجهزة الجسـم في كل مرة، ويشـيرون إلى ضعف الشيخوخة الواضح لدى بعض الحيوانات مثـل المحار الأيسـلندي أو السـمندل الأعمى كدليل على أن ذلـك لا بد أن يكون ممكنا. ويغريني أن أقول إنني، شخصيا، أفضل أن أعيش حياة قصيرة كإنسان وليس حياة طويلة كسـمكة الإنسـان، ولكن هذه حيلة رخيصة، أليس كذلك؟ إن المبادلة منتشرة وشـاملة، ومن غـير المحتمل الحصول على شـيخوخة مخففة من دون أن يكون لها آثار جانبية.

أكثر المتفائلين اهتداء إلى الاعتقاد بأن الشـيخوخة يمكـن علاجها، هو أوبري دو غراي Aubrey de Grey، خريج جامعة كمبريدج، إنجلترا، وهو بطل سيرة حياة كتبها المؤلف العلمي جوناثان وايـنر (Jonathan Weiner[15]). يصف دو غراي منهجه بأنه توظيف لـ «إسـتراتيجيات هندسة شيخوخة مخففة» Strategies for Engineered Negligible Senescence (SENS)، وهدفه هو أن يجد وسائل لإصلاح الخلل الذي يتراكم نتيجة تناقص كفاءة عمليات الإصلاح الخلوية الطبيعية مع التقدم في السن[16]. يعتقد دو غراي أن هناك سـبعة أنواع مـن الخلل تحتاج إلى الإصلاح. اثنان من هذه الأنواع يحدثان بسـبب التحـولات الطارئة التي تدمر الدنا، ومنهـا تلك التي تبعث على حـدوث السرطان؛ واثنان يختصان بسـوء عمل الخلايا بطـرق متعددة؛ واثنان نتيجـة تراكم مجموعات ضارة مثل الرقع التي تُرى في أمخاخ مرضى الزهايمر؛ والنوع السـابع يتسـبب عن جزيئات مثل الكولاجين تتراجع في نسيجها ووظيفتها من خلال الروابط بين الخلايا. ومن الحالات المرتبطة بالسن إظلام عدسة العين وتيبس المفاصل، وكلتاهما نتيجة هذه العملية الأخيرة. وتشـمل هذه الأنواع السـبع من الخلل عددا كبـيرا مـن الأنواع الفرعية، كل منها قد يتطلب علاجا يختص به. وعلى سـبيل المثال، اكتشف بحث حديث حول سرطان الثدي أنه يشمل عشرة أمراض منفصلة، كل منها له خصائصه الجينية، واسـتجابته الخاصة بالعـلاج، ومعدل وفيات يختص به[17]. كم من العلاجات المنفصلة سوف نكون في حاجة إليها لـ «علاج» كبر السن، إن كان هذا ممكنا، هذا ما لا نعرفه.

أحد التحديات يتمثل في آلية تسـتطيع وقف انقسـام الخلايا. بعض تلك الخلايا العجـوز تموت، ولكن تلك التـي تبقى ترتكب جريمتي الفعـل والامتناع عن الفعل.

جريمة الامتناع عن الفعل هي أن عجزها عن الانقسام يمنعها من المساعدة في إصلاح الأنسجة. وجريمة الفعل هي تسميم الخلايا الأخرى حولها. عندما اكتشفت هذه الظاهرة من الشيخوخة الخلوية على يد ليونارد هايفليك Leon¬ard Hayflick في العام 1961[18]، تلا هذا الاكتشاف مرحلة من الشكوك الأولية، ثم أعقب ذلك انفعال هائل، لأنه بدا وكأنها سبب واضح للشيخوخة[19]. اكتشف هايفليك أنه يستطيع أن يستنبت الخلايا البشرية بنجاح كبير في المعمل من خلال 40 - 60 عملية استنساخ، ولكن بعد تلك النقطة، تفقد الخلايا قوتها الدافعة وترفض الانقسام. وأصبحت هذه النقطة معروفة بـ «حدّ هايفليك»، باسم مكتشفها. كان السبب في توقف الخلايا عن الانقسام لغزا، لكن أيا كان الأمر فقد بدا مثل «تكات» الساعة التي يمكن أن تضع حدا نهائيا لطول المدة التي يمكن للشخص أن يعيشها في حالة صحية طيبة.

بالتدريج، جرى الكشف عن هوية هذه الساعة، وكيف تعمل خلال سنوات عقدي السبعينيات والثمانينيات. وظهر أنها تركيبة مهمتها استنساخ الدنا، وهي عملية تجري في كل مرة يحدث فيها انقسام للخلية[20]. وجزيئات الدنا في الخلية البشرية رقيقة وطويلة للغاية. وعندما نمدها على طولها في خط واحد، يمكن أن يصل طول الدنا في الخلية الواحدة ما بين ست وتسع أقدام[21]. ووضع مثل هذه الجزيئات في خلية دقيقة هي من العمليات الإعجازية لهندسة النانو الطبيعية التي تستحق الدهشة والتعجب. وحزم الدنا الملفوفة لفا فائق الدقة داخل الخلايا تسمى كروموسومات، وكل إنسان لديه 23 زوجا من هذه الكروموسومات.

تواجه عملية استنساخ الدنا في الكروموسوم مشكلة عندما تصل إلى نهاية الجزيء، حيث تميل إلى التوقف قبل أن تكمل العملية إلى النهاية، ولترك نهايات مفتوحة تنسلت مثل أكمام سويتر قديم. وقد حُلت هذه المشكلة منذ وقت مبكر في تطور حقيقيات النوى عن طريق وضع «قفلة»، تسمى تيلومير telomere أو القسم الطرفي، في كل طرف نهائي من طرفي كل كروموسوم. وقد اكتشفت إليزابيث بلاكبيرن Elizabeth Blackburn وزملاؤها الذين يتعاونون معها وهم يعملون في جامعة ييل ثم في جامعة كاليفورنيا، تركيبة التيلوميرات، التي ظهر أنها مصنوعة من شريط دنا مستنسخ من ست قواعد. لا تحفظ التيلوميرات الكروموسوم من أن يصبح أقصر عند النهايتين في كل مرة استنساخ، ولكنها تحمي الجينات في الكروموسوم من أن

تُقص، وذلك بتلقي الضربة عنها. في كل مرة تنقسم الخلية، تصبح التيلوميرات على كروموسومات الخلايا الوليدة أقصر. وبالطبع في النهاية تقصر التيلوميرات حتى تصبح مجرد عقدة أو نتوء، وعند تلك النقطة تفقد الخلايا القدرة على الانقسام وتدخل حالة تسمى شيخوخة الاستنساخ.

تخيل أن مشكلة الأطراف السائبة الناتجة عن استنساخ الدنا قُدمت لك في مباراة للتحدي الهندسي، وأنك سوف تنال جائزة الشباب الخالد إذا استطعت حلها. فإذا كنتَ في ذكاء ملياري سنة من التطور، ربما تستطيع الخروج بالتيلومير كحل للمشكلة. وسوف تقدم الحل بافتخار إلى لجنة جائزة نوبل السماوية، وسوف يقول لك أعضاء اللجنة، «انتظر دقيقة! ماذا ستفعل بالنسبة إلى الخلايا في الخط الجنسي؟ فخلايا البويضات واللواقح سوف تتوقف عن الانقسام عندما تصطدم التيلوميرات فيها بالمصدات، تماما مثل بقية الخلايا». لن يكون الخلود من نصيبك!

لا بد أن يكون ثمة حل، بالطبع، وقد اكتشف الحل في العام 1985 على يد كارول غريدر Carol Greider، وهي تلميذة متخرجة لإليزابيث بلاكبيرن. اكتشفت غريدر أنزيما اسمه تيلوميريز يصلح التيلوميرات في خلايا الخط الجنسي، ويستعيدها إلى طولها الأصلي أثناء استنساخ الدنا. وفي العام 2009، نالت إليزابيث بلاكبيرن وكارول غريدر وجاك شوستاك معا جائزة نوبل في الفيسيولوجي أو الطب لاكتشافهم قصة التيلومير. ومن ثم، فنحن نعرف الآن أن ساعة التيلومير تدق وتحصي عدد المرات التي تستنسخ فيها الخلية، وأن أنزيم التيلوميريز يحافظ على الساعة تعمل في خط الخلايا الجنسية. هل هذه القصة تشرح السبب في الشيخوخة وتحل مشكلة طول الحياة المحدود؟ بدا لبرهة من الزمان أنه من الممكن المراهنة على أنها تفعل ذلك، بما أوحى لهايفليك وآخرين أن الشيخوخة الاستنساخية تحد من طول الحياة[22]. ربما كان جي. سي. ويليامز مخطئا، من ناحية، وهناك إكسير للحياة في قارورة تسمى «تيلوميريز» متاحة في صيدليتك المحلية. لكن، لا تراهن على ذلك.

تتمثل المشكلة في الفئران، كما يمكن أن يخمن دوغلاس آدامز Douglas Adams، مؤلف «دليل الرحلة المجانية إلى المجرة» The Hitch-hiker's Guide to the Galaxy. في هذا الكتاب، يظهر أن الأرض هي كمبيوتر في حجم كوكب صممه الفئران، التي أنشأته لتجد السؤال الغامض الذي إجابته هي 42. حسنا، بينما كانت

تفعل ذلك، أصلحت الفئران أيضا أخطاءنا بالنسبة إلى فرضية الشيخوخة الاستنساخية. إن خطوط الخلايا لدى الفئران خالدة، على رغم أن الفئران نفسها ليست كذلك، وذلك وفقا لما رأيته آخر مرة تفحصتها (انظر الملحق). فإذا حصلت خلايا الفأر على حاجتها من الأوكسـجين والغذاء، فسوف تظل تتناسخ بلا نهاية في المعمل؛ لن يظهر عليها أي أثر لحد هايفليك، لأن خلاياها الجسدية تحتوي على تيلوميريز وبها تيلوميرات أطول مـن مثيلتهـا في الخلايا البشرية بعـشر مرات[23]. وأيا كان ما يضـع حدا لطول حياة الفأر بأربع سـنوات، فلا يمكن أن يكون شـيخوخة الاستنسـاخ، وإذا كانت شيخوخة الاستنسـاخ لا تضـع حدا لمدة الحيـاة لدى الفئران، فما الـذي يجعلها تفعل ذلك في الأنواع الحية الأخرى؟

وهكذا، ها هو نمـوذج آخر لفرضية نظرية، مثل نظريتي معدل الحياة والإجهاد التأكسـدي، يبدو للوهلة الأولى أنها تقدم حلا عاما واضحا لمشـكلة أسباب شيخوخة الكائنـات بالكامـل، ولكنه ينهار عند إجـراء مقارنة بين الأنـواع. لا بد أن جي. سي. ويليامز يضحك سـاخرا في قبره، وينبغي أن نتوقع أن يكون مكتوبا على شـاهد قبره هذه الكلمات: «قلتُ لكم ذلك».

لكن، من بين رمـاد احتراق كل نظرية تنبعث النبتـات الخضراء لأخرى جديدة. نحن الآن في حاجة إلى تفسـير السـبب الذي يجعل الخلايا الجسـدية للفأر تحتوي تيلوميريزات بينما لا تحتوي الخلايا الجسـدية البشرية الشيء نفسه. وإليك مفتاحان هاديان للإجابة: أولا، كل الخلايا السرطانية تنتج تيلوميريز. ثانيا، إذا أضفت تيلوميريز إلى الخلايا البشرية في الزراعة، فسـوف يختفـي حد هايفليك ويمكن لهذه الخلايا أن تظل تنقسـم إلى الأبد[24]. هذان المفتاحان يوحيـان بفرضية أن غياب التيلوميريز في البشر هو تكيف يقلل من خطر السرطان. تذكر مفارقة بيتو في الفصل الثاني: الفئران والإنسـان لديهما المعدلات نفسها من الإصابة بالسرطان، على رغم أن عدد الخلايا في البشر وعدد مرات استنسـاخ الخلايا طوال حيـاة البشر أكثر بدرجة هائلة مما يوجد لدى الفأر، أو في حياة الفأر القصيرة. ويمكن أن نسـتنتج من ذلك أنه لا بد أن يكون هنـاك بعض المكابح الجيدة جدا على انقسـام الخلايا المجنـون في الحيوانات الأكبر، والأطول عمرا. فهل توقف إنتاج التيلوميريز في الخلايا الجسدية هو أحد تلك المكابح؟ يبدو من المؤكد تقريبا أنه كذلك.

عند إجراء مقارنة لنشـاط التيلوميريز في خمسـة عشر نوعا مختلفا من القوارض اكتُشـف أنه يختلف كثيرا بين الأنواع وأن الاختلاف يرتبط بحجم الجسم، ولكن ليس بطول الحياة[25]. وعلى سـبيل المثال، السـنجاب الرمادي الشرقي والقندس الأمريكي beaver متشـابهان في أقصى طول للحياة والذي يبلغ 24 و23 بالترتيب، لكن القندس الـذي يبلغ وزنه أربعين مرة من وزن السـنجاب الرمادي لديه فقط 13 في المائة من نشاط التيلوميريز الموجود لدى الحيوان الأصغر. ويبدو أن المخاطر المرتفعة للسرطان التي تتماشى مع حجم الجسم الأكبر تُقابل بتوازن مقابل عن طريق التراجع في نشاط التيلوميريز. ويبدو أن الانتخاب الطبيعي قد قام بهذا التعديل مرات عديدة مستقلة في نسـل حيوانات ثديية مختلفة. والحجم الحاسم الذي يصبح فيه التيلوميريز خطرا سرطانيا كبيرا ويجري وقفه تماما تقريبا في الخلايا الجسـدية هو نحو رطلين فقط، أي أقل من كيلوغرام واحد[26].

يختلـف طول التيلوميرات بين الأنواع، ولكن ليس بالطريقة التي يمكن توقعها في حالة ما إذا كان طولها يقرر إلى أي مدى يمكن للنوع أن يعيش. وفي غياب التيلوميريز، تصبح التيلوميرات أقصر مع كل انقسـام للخلية حتى تصبح قصيرة للغاية لدرجة أن الخليـة تصل إلى حد هايفليك وتتوقف عن الانقسـام. وكلما كان التيلومير في بدايته أطول، كانت انقسـامات الخلية أكثر حتى يصل إلى الحد الذي تحدث فيه شـيخوخة الاستنساخ. ولهذا، إذا كانت بداية شيخوخة الاستنساخ تضع حدا لطول الحياة، فيمكن أن تتوقع أن الأنـواع طويلة العمر لديها تيلوميرات أطول من الأنواع القصيرة العمر. لكن الواقع أن النموذج الذي نراه هو على العكس: طول التيلومير يتناسب طرديا مع مدة الحياة بين الثدييات، والثدييات الطويلة العمر مثل نوعنا نحن تيلوميراتها أقصر. هذه الملاحظات توحي بأن التيلوميرات القصيرة نشـأت لأنهـا تعمل كمكابح أخرى تمنـع حدوث السرطان في الأنواع الطويلة العمر. وبالطبع، هذا الكابح سـوف يعمل فقـط في الأنواع التـي أوقف فيها الانتخاب الطبيعي بالفعـل أنزيم التيلوميريز، لأن التيلوميريز يمنع التيلوميرات من أن تصبح أقصر عند كل انقسام للخلية.

وبالتـالي، فعلى رغـم كل شيء، ربما يكون ثمة دور لشـيخوخة الاستنسـاخ التي يتسـبب فيها قصر التيلوميرات في الهِرَم بالنسـبة إلى الأنواع الطويلة العمر. فإذا كان الأمر كذلك، فسـوف يكون هذا مثالا على الطفـرات المزدوجة التأثير التي تنبأت بها

النظرية التطورية للشـيخوخة. فشيخوخة الاستنساخ هي الجانب السلبي الذي نراه في وقت متأخر من الحياة التي بها آليات تمنع السرطان أثناء مرحلة الشـباب. وفرض التيلومـيرات القصيرة لمثل هذه الغرامة هي فكـرة وُضعت تحت الاختبار في العديد من أنواع الطيور البرية، وجاءت النتائج متسقة بدرجة تستحق الذكر. في طائر سمامة الألب، وسنونو الأشجار الأمريكي، والعقعق الأوروبي، وطيور النوء الجنوبية العملاقة، كانـت الأفراد التـي لها تيلوميرات أطول في الكروموسـومات الموجودة في خلايا الدم الحمـراء ذات معدلات بقاء أعلى من تلك ذات التيلوميرات الأقصر[27]. وهناك علاقة مشابهة لوحظت بين معدل الوفاة وطول التيلومير في خلايا الدم البيضاء للأشخاص في سـن السـتين أو أكثر في ولاية يوتا Utah[28]. ومقارنة بالناس الذين لديهم تيلوميرات طويلة، فإن من كانت لديهم تيلوميرات قصيرة عانوا ثلاثة أضعاف معدل الوفيات من أمراض القلب، وأكثر من ثمانية أضعاف معدل الوفيات من العدوى.

وقد يكون ارتباط طول التيلومير بالبقاء مباشرا، أو غير مباشر، أو الاثنين معا. وعلى سبيل المثال، يمكن أن يكون للتيلوميرات القصيرة تأثير مباشر في قابلية التأثر بالعدوى إذا أعاقت معدل توليد خلايا الدم البيضاء الجديدة من خلال انقسـام الخلايا، وهذه الخلايا مهمتها مقاومة العدوى. وبالقدر نفسه، يمكن لطول التيلومير أن يكون علامة غير مباشرة على عمليات شـيخوخة أخرى مثل الإجهاد التأكسـدي. ومن المعروف أن استنسـاخ التيلومير أكثر حساسية بالنسبة إلى الإجهاد التأكسدي من استنساخ الأجزاء الأخرى من الكروموسوم، وهذه الحساسية قد تتسبب في تقصير التيلوميرات.

منذ نُشرت دراسة يوتا في العام 2003، أجريت عدة آلاف من الدراسات المشابهة، ولكن جرى اسـتعراض لتلك الدراسات في العام 2011 وكانت نتيجته أن نسبة ضئيلة للغايـة كانـت جيدة بما يكفي لاسـتخلاص نتائج متماسـكة منهـا[29]. لم يعتبر وافيا بالغرض سـوى عشر دراسـات لمعدل وفيات البشر، ومن بين هذه الدراسات العشر، أظهـرت نصفها علاقة نسـبية بين طول التيلومير ومدة البقـاء، وأظهر النصف الآخر عـدم وجود هذه العلاقة. وعلى رغم أن الدليل المأخوذ عن حياة الطيور يبدو واعدا، فمن المحتمل بالنسبة إلى الإنسان وجود تأثيرات كثيرة للغاية على طول التيلومير مما يجعل من الصعب اعتبارها علامة بيولوجية مفيدة على الشـيخوخة. وتشـمل هذه التأثيرات أمورا مثل: كم كان سـن والديك عندمـا وُلدت؟ ما حالتك الصحية العامة؟

وهـل تدخن؟ وهل تتنـاول فيتامينات متعـددة؟ أو تشرب الكحـول؟ وما مكانتك الاجتماعيـة الاقتصادية؟ ومؤشر كتلة الجسـم؟ والنوع؟ والجماعة العرقية؟ وفي ضوء حقيقة أن دراسـة أخرى وجدت أن مسـتوى صحتك العامة، بالنسبة إلى سنك، ينبئ عن طول عمرك[30]، من غير المحتمل أن هناك أي رسالة مخبأة في طول تيلوميراتك لا يستطيع أحسن أصدقائك أن يبوح لك بها مخلصا على كوب من القهوة.

وسـواء كان طول التيلومير منبئا عن الصحة والموت أو لم يكن - وهو أمر يعتمد على كونك فأرا، أو بشرا، أو طائر مينة mynah bird - فلا شـك أنك سـتكون أفضل من دون مجموعة متكاسلة بليدة من الخلايا الشائخة في أنسجتك. ولكن، ظهر حديثا أنه في الفئران التي تمت هندسـتها جينيا بدرجة مناسـبة، يمكن إزالة الخلايا الشائخة انتقائيا عن طريق استهدافها بعقار. وفي هذه الفئران، أفادت إزالة الخلايا الهرمة ليس فقط في إبطاء عملية الشـيخوخة في أنسجة الدهون، والعضلات، والعين، ولكن أيضا عالجت التلف الذي حدث بالفعل[31]. وبالقدر نفسـه من الأهمية، استحثت دراسة أخرى خلايا الشـيخوخة عند البشر أن تنقسـم وتنتج خلايا جذعية تتمتع باستعادة طول التيلومير وكذلك تخلو من ألف من الصدمات الطبيعية التي ورثها الجسـم[32]. فهل مثل هذه الدراسـات تبشر في النهاية بإلغاء الشيخوخة كما كان يحلم أوبري دو غـراي؟ ليس بعد. فقط عليـك أن تتقدم بطلب الحصول على العـلاج بالعقار الذي يطهـر الجسـم من خلايا الشـيخوخة إذا كنتَ فـأرا لديه من بُعْد النظـر ما يؤهله للاسـتعداد بشكل مناسـب عن طريق الهندسة الوراثية، وهو لا يزال بويضة ملقحة. وربما يسـاعد اسـتخدام خلايا الشـيخوخة في إنتاج خلايا جذعية ذات يوم في إصلاح الأنسجة لدى كبار السن، ولكن لا يزال طريقنا طويلا في هذه السبيل.

تبدو إسـتراتيجية هندسة الشيخوخة المخففة التي قدمها دو غراي وكأنها نوع من الخيال العلمي، ولكن من يعلم ماذا يحمل المسـتقبل؟ إن عائلات هاورد طويلة العمر في رواية «أبناء متوشالح» يغادرون الأرض على متن سفينة فضاء للهروب من الاضطهاد الـذي يلقونه على أيدي سريعي الزوال. وبعد مغامـرات على كوكب آخر، يقرر بعض الهاورديـين أن العودة إلى الأرض حيث ينتمون أفضـل من البقاء في عالم غريب عنهم. وعندمـا يعودون إلى الأرض بعد نحو 75 عاما من رحيلهم، يكتشـفون أن تقدما كبيرا قد حدث أثناء غيابهم، وأن «سريعي الزوال» اخترعوا تكنولوجيا تطيل حياة الإنسان.

في الفصـــل الأول مـــن هذا الكتاب وَعدتكم بأنني ســوف أعــرض أمام أقدامكم صورة فسيفســائية للمعرفــة العلمية الحديثة حول الشــيخوخة وطول العمر، ليس فقط بالنســبة إلى الإنســان، ولكن أيضا في النباتات والحيوانــات. والآن دعوني أجمع معا كل الأجزاء، وأريكم كيف يناسب كل منها مكانه في نموذج كبير الحجم مثل ذلك الموجود في الأرضية العظيمة بقاعة دير وستمنســتر. ينشأ النموذج بكسوة فاخرة من المفارقات. كل شيء حول الشــيخوخة والهِرَم وطــول العمر يبدأ كلغز. عندما فتحتَ هــذا الكتــاب لأول مرة، ربمــا كان لديك في مكان ما من عقلك ســؤال مثل: «لماذا لا نعيش أطول مما نعيش؟» بالنسبة إلى البعض، هذا السؤال هاجس ينتهي في فريزرات التجميد بمؤسســة ألكــور لإطالة الحيــاة Alcor Life Extension Foundation(*)، حيث لا قراءة بعد إغلاق الأنوار، وهو أمر مؤسف بالنسبة إلى مبيعات هذا الكتاب.

من الناحية التاريخية، الســؤال موجــه من الناحية الخطأ، لأن الحياة على الأرض بــدأت مع كائنــات دقيقة وسريعة الزوال، واســتمرت كذلك ملياري ســنة. وجاءت الخطــوة الأولى في إطالــة الحياة مــن الكائنات وحيدة الخليــة إلى تآلف من الخلايا التي تشــكل الكائنات المتعددة الخلايا القادرة على الاســتبدال والإصلاح الذاتي. ومن مفارقات القدر أن القلق حول قصر الحياة لم يظهر إلا بعد أن أصبحت الحياة معقدة التركيب وبعد أن أصبحت مدة بقائها أطول.

المفارقــة التالية هي أن قوى التطور التي رفعتنــا من الوحل تبدو غير مبالية، أو عاجــزة، عن منع الهِرَم والموت الذي يعيدنا إليها. وتبدو عبارة «الرماد للرماد والتراب للتراب» جناســا بديعا قد يروق للشعراء، لكن ليس للعلماء العمليين، الذين يفكرون في وســائل أفضل لأداء الأمور. لماذا يترك الانتخــاب الطبيعي، بعزيمته العمياء المركزة عــلى الصفــات التي تدوم وتحتمل، لماذا يترك الكائنات التي اســتطاعت أن تســتمر بنجاح بين أخطار الحياة، لماذا يتركها تبلى وتنزلق إلى الفناء؟ راوغت الإجابة العلم لما يقرب من قرن بعد أن اكتشــف تشــارلز داروين الانتخاب الطبيعي. ثم اكتشف بيتر مداور وقليلون آخرون أن الإجابة تكمن في تناقص مســاهمة الأفراد عندما يتقدمون في العمــر فيما يمكن تقديمه إلى الأجيــال المقبلة. يتقاعد الانتخــاب الطبيعي عندما يتقدم الكائن في السن، وهذا يسمح بتراكم طفرات تتلف الخلايا وتتداخل مع صيانة

(*) هي مؤسسة أمريكية أُسست في العام 1972 لتجميد الموتى أملا في إعادتهم إلى الحياة في المستقبل. [المحررة].

الجسم في أواخر الحياة. والأمر الأكثر جهنمية من ذلك، أن الانتخاب في الواقع يفضل الطفرات التي تتسـبب في الشـيخوخة إن كانت هذه الطفرات نفسها تفيد الإنجاب أثناء مرحلة مبكرة من الحياة.

هناك بندان فقط للنجاة من القاعدة الحديدية لتسـامح الانتخاب الطبيعي مع الآثار المدمرة للشيخوخة. وبندا النجاة هذان ليسا استثناء لقواعد الانتخاب الطبيعي، بـل هـما تكيف معها. الأول يغطي الكائنات التي يزيد عدد خلفتها كلما كبر سـنها. بعض أنواع الأسـماك، والسرطانات البحريـة، والرخويات العملاقة، وكذلك الكثير من النباتات، تفعل ذلك لأنها تستمر في الزيادة في الحجم مع كبر السن، الأمر الذي يتيح لهـا أن تتكاثـر بأعداد متزايدة. يمكن أن تعيش الكائنـات المعنية على الأقل قرنا من الزمان. وفي حالة النباتات، بعضها يعيش ألفية من السـنوات، لأنها تسـتفيد من بند النجاة الثاني أيضا.

في معظم الحيوانات نجد أن الخلايا الجنسـية التي تنتج البيض واللقاح منفصلة تشريحيا عن بقية خلايا الجسم، أو «السوما». هذا الفصل بين الخط الجنسي والسوما يتيـح للانتخاب الطبيعي أن يتخلى عن صيانة السـوما في السـن المتقدمة من دون أن يؤثـر في الخط الجنسي. ولكن النباتات والحيوانات التي تعيش في مسـتعمرات لا فصل لديها بين خلايا الخط الجنسي والسوما، ونتيجة ذلك، يستمر الانتخاب الطبيعي في الدفـاع عنهـا ضد الآثار المدمرة للتطور وهي تكبر سـنا. ونتيجة ذلك، يمكن لهذه الكائنـات أن تعيـش حياة طويلة جدا، جدا، على رغم أن كثيرا منها يشـيخ، وبعضها قصير العمر جدا.

تحظى النباتات بالحماية عن طريق وحدة الخلايا الجنسية والسوما، الأمر الذي يحميها من تراكم الطفرات والطفرات المزدوجة التأثير التي تتسـبب في الشيخوخة عنـد الحيوانـات. ولهذا يبدو من الغريـب، إن لم يكن من الجحـود، أن الكائنات التـي تحمل بطاقة «النجاة من الشـيخوخة مجانا» تفضـل في أغلب الأحوال عدم اسـتخدامها، وبدلا من ذلك تزهر وتموت بسرعة مثلما يفعل الخشـخاش. والتفسير هـو في البيئة التي تعيش فيها هذه النباتات القصيرة العمر. إذا كانت الأحوال هي الانخفاض والالتباس في إمكانية الحياة من سـنة إلى التالية، فسوف يختار الانتخاب الطبيعي التكاثر المبكر والوفـير ويغض الطرف عن العواقب. وللتكاثر دائما تكلفة،

وفي الحالات المتطرفة قد تصل هذه التكلفة إلى الموت المبكر. و«سالمون» المحيط الهادئ يعرف هذا جيدا.

ويؤثر خطر الموت الطارئ لأسباب خارجية، والذي يتعرض له البالغون، في معرفة ما إذا كان الانتخاب الطبيعي يفضل الحياة القصيرة أو الحياة الطويلة. تفسر لنا الصورة المجازية لقطار تربط بين عرباته وصلات ضعيفة، تفسر لنا بدقة إلى حد ما السبب في أن الحيوانات الطائرة أو الحيوانات التي تعيش في الجحور، والحيوانات المحمية من الافتراس بخاصية السم أو درع الجسم، تعيش أطول من الحيوانات التي تفتقد هذه الميزات. ولكن هناك تفسيرا على مستوى الخلايا للسبب الذي يجعل بعض الأنواع تشيخ أسرع من أنواع أخرى، وثبت أن هذا التفسير أكثر مراوغة. وقد عُرضت نظريات تبدو محتملة واحدة بعد الأخرى، لكن يظهر بعد ذلك أنها ناقصة بشكل عام عندما توضع أمام جميع الأدلة. ومع ذلك، هناك تفسير تطوري يؤكد أن الشيخوخة ليس لها سبب واحد، ولكن أسباب متعددة. والسبب هو أنه عند نقطة معينة في الحياة، عندما يفقد الانتخاب الطبيعي قدرته كلها معا، يمكن لأي شيء أن يستمر، وكل شيء يمكن أن يفعل. وقبل تلك النقطة، يقوم الانتخاب الطبيعي بإصلاح أضعف الوصلات، وضمان أن الوظائف الخلوية ليست معرضة لفشل الصيانة.

لقد احتفظت بأغرب مفارقة للنهاية، وهي مفارقة قد نتجادل بشأن اعتبارها الأكثر أهمية من وجهة النظر العملية، على رغم أنها كثيرا ما تُنسى. وهي هذه: على الرغم من حقيقة أن البشر لم يهزموا الشيخوخة، حدثت زيادة هائلة في معدل طول حياة الإنسان منذ العام 1840، حيث زادت 15 دقيقة لكل ساعة في مدة الحياة على مدى السنوات المائة والسبعين الماضية. يرجع كثير من هذه الزيادة إلى انخفاض معدل وفيات الأطفال، ولكن أيضا ساهم فيها التحسن في صحة الكبار. هذه التدابير جعلت الشيخوخة تتأجل، ولم تهزمها. وإذا كان قد جرى كل هذا التقدم من دون تغيير الشيخوخة تغييرا جوهريا، لا بد أن نسأل أنفسنا إن كان المزيد من التحسينات في مدة الحياة ستكون ممكنة من خلال برنامج مثل «إستراتيجيات هندسة شيخوخة مخففة» أو SENS، أو من خلال التحسينات في الصحة لكبار السن.

والحياة في البلدان الغنية في المعدل أطول منها في البلدان الفقيرة، لكن العلاقة بين الصحة ومدة الحياة ليست علاقة خطية. توضح بيانات برنامج الأمم المتحدة

للتنمية أنه كلما ارتفع الدخل الشـخصي، من لا شيء تقريبا في أفقر البلدان الأفريقية وحتى 10 آلاف دولار أمريكي في السـنة في تركيا، مثلا، نرى ارتفاعا شـاهقا في العمر المتوقـع مـن 40 إلى نحو 70 عاما. بعد ذلك، فإن كل 10 آلاف دولار إضافية سـنويا تشـتري تحسـنا أقل وأقل في معدل طول الحياة. والسبب ليس فقط صعوبة تحقيق مزيد من التحسن وكلفته الباهظة، ولكن أيضا أن عاملا اقتصاديا آخر يدخل المعترك: التفاوت الظالم في الدخل بين السكان[33].

هنـاك فجوة في الدخل في الولايات المتحدة بين الأكثر غنى والأكثر فقرا، وتختلف هذه الفجوة بين الولايات الخمسـين في الاتحاد، ويميل متوسط العمر المتوقع للارتفاع إلى أقـصى حـد في تلك الولايـات التي يقل فيها فـارق الفجوة في الدخـل إلى أدناه. والاتجاه نفسـه يمكـن أن نراه بين البلـدان. الفجوة بين الغنـي والفقير هي أقل ما يمكـن في اليابان، حيث متوسـط العمـر المتوقع أعظم ما يمكن. وتقع السـويد بعد اليابان بقليل في القياسين على السواء، بينما نجد في الولايات المتحدة وسنغافورة أعلى تفاوتات ظالمة في الدخل، وأقل توقعات للحياة بين البلدان المتقدمة. والجدير بالذكر بين هذه الاتجاهات هو أنها مسـتقلة عن الثراء في حد ذاته. متوسـط دخل الفرد في البرتغال نصفه في الولايات المتحدة، لكن الفجوة بين الأغنياء والفقراء كبيرة في البلدين مما يفسر التماثل في سوء حال متوسط العمر المتوقع في كلا البلدين[34].

لماذا يؤثـر التفاوت الظالم في مدة الحياة بهذه الطريقة في البلدان المتقدمة؟ هو أمر معقد تدخل فيه عوامل سياسية واقتصادية واجتماعية- سيكولوجية، وبيولوجية. وإذا كانت ثمة أخبار طيبة في هذا الاكتشاف غير المتوقع، فهو أنه لا ضرورة لأن تكون عـالم أحياء لكي تفعل شـيئا بخصوص ذلـك. وهذا، أيها القـارئ العزيز، هو ما تمليه الحياة علينا، طالت أو قصرت.

الهوامش

الفصل الأول

(1) E. Dickinson, the Complete Poems of Emily Dickinson, ed. T. H. Johnson (Little Brown, 1960), 9.

(2) R. Foster, Patterns of Thought: The Hidden Meaning of the Great Pavement of Westminster Abbey (Jonathan Cape, 1991), 3.

(3) R. Jenkyns, Westminster Abbey, Wonders of the World (Profile, 2006), 216.

(4) S. Pepys, the Diary of Samuel Pepys (vol. 3, p. 357, February 23, 1669), ed. J. Warrington (Dent Dutton, 1953), 521.

(5) W. Irving, the Sketch Book of Geoffrey Crayon, Gent. (New American Library, 1961), 177-78.

(6) T. Trowles, Westminster Abbey Official Guide (Dean and Chapter of Westminster, 2005); C. Y. Ferdinand and D. F. McKenzie, "Congreve, William (1670-1729)," Oxford Dictionary of National Biography, ed. L. Goldman et al. (Oxford University Press, 2004), doi:10.1093/ref:odnb/6o69.

(7) Jenkyns, Westminster Abbey, 169.

(8) J. Holt, Stop Me if you've Heard This: A History and Philosophy of Jokes (Profile Books, 2008), 62-63.

(9) R. Keynes, Annie's Box (Fourth Estate, 2001).

(10) C. Darwin, the Origin of Species by Means of Natural Selection, 1st ed. (1859; reprint, Penguin, 1968).

(11) Wikipedia, s.v. "List of tuberculosis cases," accessed March 26, 2011, http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_tuberculosis_cases

(12) M. Moller, E. de Wit, and E. G. Hoal, "Past, present and future directions in human genetic susceptibility to tuberculosis," FEMS Immunology & Medical Microbiology 58 (2010): 3-26.

(13) F. O. Vannberg, S. J. Chapman, and A. V. S. Hill, "Human genetic susceptibility to intracellular pathogens," Immunological Reviews 240 (2011): 105-16.

(14) Wikipedia, s.v. "List of women who died in childbirth: United Kingdom accessed March 26, 2011, http://en.wikipedia.org/wiki /List_of_women_who_died_in_childbirth#United_Kingdom

(15) G. Morelli et al., "Microevolution of Helicobacter pylori during prolonged infection of single hosts and within families," PLoS Genetics 6 (2010), doi:10.1371/journal.pgen.1001036.

(16) M. Eppinger et al., "Who ate whom? Adaptive Helicobacter genomic changes that accompanied a host jump from early humans to large felines," PLoS Genetics 2 (2006): e120.

الفصل الثاني

(1) J. Clare, Poems Chiefly from Manuscript, ed. E. Blunden and A. Porter (Cobden-Sanderson, 1920)

(2) R. K. Grosberg and R. R. Strathomann, "The evolution of multicellularity: A minor major transition?," Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 38 (2007): 621-54, doi:10.1146 /annurev.ecolsys.36.102403.114735

(3) M. Wilson, Bacteriology of Humans: An Ecological Perspective (Blackwell, 2008)

(4) W Whitman, Leaves of Grass (Airmont Publishing, 1965), 79, sect. 51.

(5) D. Chivian et al., "Environmental genomics reveals a single-species ecosystem deep within Earth," Science 322, no. 5899 (2008): 275-78, doi:10.1126/science. 1155495

(6) F. Bäckhed et al., "Host-bacterial mutualism in the human intestine," Science 307, no. 5717 (2005): 1915-20, doi:10.1126 /science.1104816

(7) H. N. Schulz et al., "Dense populations of a giant sulfur bacterium in Namibian shelf sediments," Science 284, no. 5413 (1999): 493-95, doi:10.1126/science.284.5413.493

(8) M. D. Vincent, "The animal within: Carcinogenesis and the clonal evolution of cancer cells are speciation events sensu stricto," Evolution 64, no. 4 (2010): 1173-83, doi:10.1111/j. 1558-5646.2009.00942.x

(9) R. Skloot, The Immortal Life of Henrietta Lacks (Macmillan, 2010)

(10) A. M. Leroi et al., "Cancer selection," Nature Reviews Cancer 3, no. 3 (2003): 226-31

(11) A. M. Pearse and K. Swift, "Allograft theory: Transmission of devil facial-tumour disease," Nature 439, no. 7076 (2006): 549

(12) C. E. Hawkins et al., "Emerging disease and population decline of an island endemic, the Tasmanian devil Sarcophilus harrisii" Biological Conservation 131, no. 2 (2006): 307-24

(13) S. A. Frank and M. A. Nowak, "Problems of somatic mutation and cancer," Bioessays 26, no. 3 (2004): 291-99, doi:10.1002/bies.20000

(14) A. F. Caulin and C. C. Maley, "Peto's Paradox: Evolution's prescription for cancer prevention," Trends in Ecology & Evolution 26, no. 4 (2011): 175-82

(15) R. Peto et al., "Cancer and ageing in mice and men," British Journal of Cancer 32, no. 4 (1975): 411-26

(16) J. D. Nagy et al., "Why don't all whales have cancer? A novel hypothesis resolving Peto's paradox," Integrative and Comparative Biology 47, no. 2 (2007): 317-28, doi:10.1093/icb/icm062

(17) S. N. Austad, "Methusaleh's zoo: How nature provides us with clues for extending human health span," Journal of Comparative Pathology 142 (2010): S10-S21.

(18) A. Budovsky et al., "Common gene signature of cancer and longevity," Mechanisms of Ageing and Development 130, no. 1-2 (2009): 33-39, doi:10.1016/j.mad.2008.04.002; R. Tacutu et al., "Molecular links between cellular senescence, longevity and age-related diseases: A systems biology perspective," Aging 3, no. 12 (2011): 1178-91

(19) I. D. Ridgway et al., "Maximum shell size, growth rate, and maturation age correlate with longevity in bivalve molluscs," Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences 66, no. 2 (2011): 183-90, doi:10.1093/gerona/glq172

(20) W. Watson and H. J. Walker, "The world's smallest vertebrate, Schindleria brevipinguis, a new paedomorphic species in the family Schindleriidae (Perciformes: Gobioidei)," Records of the Australian Museum 56, no. 2 (2004): 139-42

(21) J. P. de Magalhāes et al., "An analysis of the relationship between metabolism, developmental schedules, and longevity using phylogenetic independent contrasts," Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences 62, no. 2 (2007): 149-60.

(22) J. P. de Magalhāes and J. Costa, "A database of vertebrate longevity records and their relation to other life-history traits," Journal of Evolutionary Biology 22, no. 8 (2009): 1770-74, doi:10.1111/j.1420-9101.2009.01783.x.

(23) R. Buffenstein, "The naked mole-rat: A new long-living model for human aging research," Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences 60, no. 11 (2005): 1369-77

(24) J. P. de Magalhāes et al., "An analysis of the relationship between metabolism, developmental schedules, and longevity using phylogenetic independent contrasts," Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences 62, no. 2 (2007): 149-60

(25) D. E. Wasser and P. W. Sherman, "Avian longevities and their interpretation under evolutionary theories of senescence," Journal of Zoology 280, no. 2 (2010): 103-55, doi:10.1111/j.1469-7998.2009.00671.x

(26) A. Seed and R. Byrne, "Animal tool-use," Current Biology 20, no. 23 (2010): R1032-R1039, doi:10.1016/j.cub.2010.09.042.

(27) Austad, "Methusaleh's zoo."

(28) K. Thomas, "Parr, Thomas (d. 1635), supposed centenarian," Oxford Dictionary of National Biography, ed. L. Goldman et al. (Oxford University Press, 2004), doi:10.1093/ref:odnb /21403.

(29) J. Taylor, The Old, Old, Very Old Man, 1635, accessed December 27, 2010, http://www.archive.org/details/oldoldveryold man00tayliala.

(30) Francis Bacon (1561-1626): D. B. Haycock, .Mortal Coil: A Short History of Living Longer (Yale University Press, 2008).

(31) Haycock, Mortal Coil, 23.

(32) Dr. Seuss, You Are Only Old Once: A Book for Obsolete Children (Random House, 1986).

(33) G. Halsell, Los Viejos: Secrets of Long Life from the Sacred Valley (Rodale Press, 1976).

(34) R. B. Mazess and S. H. Forman, "Longevity and age exaggeration in Vilcabamba," Journal of Gerontology 34 (1979): 94-98.

(35) R. B. Mazess and R. W. Mathisen, "Lack of unusual longevity in Vilcabamba, Ecuador," Human Biology 54, no. 3 (1982): 517-24

(36) R. D. Young et al., "Typologies of extreme longevity myths," Current Gerontology and Geriatrics Research (2011), doi:l0.1155/2010/423087

(37) Jeanne Calment: B. Jeune et al., "Jeanne Calment and her successors: Biographical notes on the longest living

humans," in Supercentenarians, ed. H. Maier et al., Demographic Research Monographs (Springer, 2010).

(38) Dan Buettner," Field Notes, National Geographic, accessed May 2, 2011, http://ngm.nationalgeographic.com/2005/11 /longevity-secrets/buettner-field-notes

(39) Y. Voituron et al., "Extreme lifespan of the human fish (Proteus anguinus): A challenge for ageing mechanisms," Biology Letters 7, no. 1 (2011): 105-7, doi:10.1098/rsbl.2010.0539

الفصل الثالث

(1) Alfred, Lord Tennyson, "Tithonus" (1860), in Poems of Tennyson (Oxford University Press, 1918), 616

(2) R. Graves, Greek Myths (Penguin, 1957)

(3) O. Nash, The Pocket Book of Ogden Nash (Simon &. Schuster, 1962)

(4) Data from World Health Organization, accessed April 8, 2012, http://apps.who.int/gho/data/

(5) L. Hayflick, How and Why We Age (Ballantine, 1994), 53

(6) R. H. Tawney, Religion and the Rise of Capitalism (Penguin, 1926)

(7) The Annuity," by George Outram, in Verse and Worse, ed. A. Silcock (Faber 8c Faber, 1958)

(8) C. Mitchell and C. Mitchell, "Wordsworth and the old men," Journal of Legal History 25, no. 1 (2004): 31-52

(9) W. Wordsworth, "Michael: A Pastoral Poem" (1800), lines 40-47, in The Poetical Works of Wordsworth, ed. T. Hutchinson (Oxford University Press, 1932)

(10) D. P. Miller, "Gompertz, Benjamin (1779-1865)," Oxford Dictionary of National Biography, ed. L. Goldman et al. (Oxford University Press, 2004)

(11) C. E. Finch, Longevity, Senescence and the Genome (University of Chicago Press, 1990), 23.

(12) The change over the last 200 years is shown in a powerful animated graphic at www.gapminder.org (accessed July 10, 2011). Access the graphic via www.bit.ly/cVMWJ4

(13) J. Oeppen and J. W. Vaupel, "Demography: Broken limits to life expectancy," Science 296, no. 5570 (2002): 1029-31.

(14) WolframAlpha, accessed July 9, 2011, http://www.wolframalpha.com.

ويمكنك معرفة آخر الإحصائيات لأي بلد بإدخال مصطلح بحث مثل "ASU elamef ycnatcepxe efil" (متوسط العمر المتوقع، إناث، الولايات المتحدة)، في محرك البحث الرقمي لموقع moc.ahplAmarfloW.

(15) Oeppen and Vaupel, "Demography.

(16) WolframAlpha, accessed July 9, 2011, http://www.wolframalpha.com.

(17) K. Christensen et al., "Ageing populations: The challenges ahead," Lancet 374, no. 9696 (2009): 1196-208

(18) WolframAlpha, accessed July 10, 2011, http://www.wolframalpha.com/input/?i=male+life+expectancy+russia

(19) Finch, Longevity, Senescence and the Genome, 122

(20) Oeppen and Vaupel, "Demography.

(21) Christensen et al., "Ageing populations".

(22) H. Reed, "Chard Whitlow," Statesman is Nation 21, no. 533 (1941): 494.

(23) K. Christensen et al., "Exceptional longevity does not result in excessive levels of disability," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105, no. 36 (2008): 13274-79, doi:10.1073/pnas.0804931105.

(24) Christensen et al., "Ageing populations.

(25) C. Selman and D. J. Withers, "Mammalian models of extended healthy life span," Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 366, no. 1561 (2011): 99-107, doi:10.1018 /rstb. 2010.0243.

(26) J. Gampe, "Human mortality beyond age 110," in Supercentenarians, ed. H. Maier et al., Demographic Research Monographs (Springer, 2010).

(27) J. Hendrichs et al., "Medfly area wide sterile insect technique programmes for prevention, suppression or eradication: The importance of mating behavior studies, "Florida Entomologist 85, no. 1 (2002): 1-13

(28) J. R. Carey, Longevity: The Biology and Demography of Life Span (Princeton University Press, 2003).

(29) S. N. Austad, "Why women live longer than men: Sex differences in longevity," Gender Medicine 3, no. 2 (2006): 79-92

(30) J. W. Vaupel and A. I. Yashin, "Heterogeneity's ruses: Some surprising effects of selection on population dynamics," American Statistician 39, no. 3 (1985): 176-85.

(31) W. Shakespeare, As You like It, act 2, scene 7, in complete works of William Shakespeare, RSC edition (Macmillan, 2006)

(32) J. W. Vaupel, "Biodemography of human ageing," Nature 464, no. 7288 (2010): 536-42, doi:10.1038/natureo8984.

الفصل الرابع

(1) O. W. Holmes Sr., Over the Teacups, 1889, Kindle edition

(2) C. E. Finch and R. E. Tanzi, "Genetics of aging," Science 278, no. 5337 (1997): 407-11, doi:l0.1126/science.278.5337.407

(3) D. Munch et al., "Ageing in a eusocial insect: Molecular and physiological characteristics of life span plasticity in the honey bee," Functional Ecology 22, no. 3 (2008): 407-21, doi:l0.1111/j.1365-2435.2008.01419.x

(4) Finch and Tanzi, "Genetics of aging".

(5) J. V. Hjelmborg et al., "Genêtic influence on human life span and longevity," Human Genetics 119, no. 3 (2006): 312-21, doi:10.1007/s00439-006-0144-y.

(6) R. G. J. Westendorp et al., "Nonagenarian siblings and their offspring display lower risk of mortality and morbidity than sporadic nonagenarians: The Leiden Longevity Study," Journal of the American Geriatrics Society 57, no. 9 (2009): 1634-37, doi:10.1111/j-1532-5415-2009.02381.x.

(7) M. Schoenmaker et al., "Evidence of genetic enrichment for exceptional survival using a family approach: The Leiden Longevity Study," European Journal of Human Genetics 14, no. 1 (2005): 79-84.

(8) Westendorp et al., "Nonagenarian siblings.

(9) WormBook: The Online Review of C. elegans Biology, accessed July 24, 2011, http://www.wormbook.org/chapters /www_ecolCaenorhabditis/ecolCaenorhabditis.html.

(10) The Worm Breeder's Gazette, accessed December 21,2012, http://www.wormbook.org/wbg/.

(11) W. A. Van Voorhies et al., "The longevity of Caenorhabditis elegans in soil," Biology Letters 1, no. 2 (2005): 247-49, doi:10.1098/rsbl.2004.0278.

(12) D. B. Friedman and T. E. Johnson, "3 mutants that extend both mean and maximum life-span of the nematode, Caenorhabditis elegans, define the age-1 gene" Journals of Gerontology, Biological Sciences 43, no. 4 (1988): B102-B109; D. B. Friedman and T. E. Johnson, "A mutation in the age-l gene in Caenorhabditis elegans lengthens life and reduces hermaphrodite fertility," Genetics 118, no. 1 (1988): 75-86.

(13) T. E. Johnson, "Increased life-span of age-l mutants in Caenorhabditis elegans and lower Gompertz rate of aging," Science 249, no. 4971 (1990): 908-12, doi:10.1126/science .2392681.

(14) C. Kenyon, "The first long-lived mutants: Discovery of the insulin/IGF-1 pathway for ageing," Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 366, no. 1561 (2011): 9-16, doi:10.1098/rstb.2010.0276.

(15) C. Kenyon et al., "A C. elegans mutant that lives twice as long as wild-type," Nature 366, no. 6454 (1993): 461-64, doi:10. 1038/366461a0.

(16) K. D. Kimura et al., "daf-2, an insulin receptor-like gene that regulates longevity and diapause in Caenorhabditis elegans" Science 277, no. 5328 (1997): 942-46, doi:10.1126/science .277-5328.942.

(17) M. Tatar et al., "The endocrine regulation of aging by insulin-like signals," Science 299, no. 5611 (2003): 1346-51.

(18) Kimura et al., "daf-2".

(19) J. Apfeld and C. Kenyon, "Regulation of life span by sensory perception in Caenorhabditis elegans" Nature 402, no. 6763 (1999): 804-9

(20) A. Taguchi and M. F. White, "Insulin-like signaling, nutrient homeostasis, and life span" Annual Review of Physiology 70, no. 1 (2008): 191-212, doi:l0.1146/annurev.physiol.70.113006.100533.

(21) E. Cohen and A. Dillin, "The insulin paradox: Aging, proteotoxicity and neurodegeneration," Nature Reviews Neuroscience 9, no. 10 (2008): 759-67, doi:10.1038/nrn2474.

(22) Y. Suh et al., "Functionally significant insulin-like growth factor I receptor mutations in centenarians," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105, no. 9 (2008): 3438-42, doi:10.1073/pnas.0705467105; Taguchi and White, "Insulin-like signaling".

(23) M. N. Hall, "mTOR—What does it do?," Transplantation Proceedings 40 (2008): S5-S8, doi:10.1016/j.trans proceed. 2008.10.009.

(24) D. E. Harrison et al., "Rapamycin fed late in life extends life span in genetically heterogeneous mice," Nature 460, no. 7253 (2009): 392-95.

(25) J. R de Magalhães et al., "Genome-environment interactions that modulate aging: Powerful targets for drug discovery," Pharmacological Reviews 64, no. 1 (2012): 88-101, doi:l0.1124/pr.110.004499

(26) K. Cao et al., "Rápamycin reverses cellular phenotypes and enhances mutant protein clearance in Hutchinson-Gilford progeria syndrome cells," Science Translational Medicine 3, no. 89 (20ii),doi:89ra58io.ii26/scitranslmed.3002346

(27) C. R. Burtner and B. K. Kennedy, "Progeria syndromes and ageing: What is the connection?," Mature Reviews Molecular Cell Biology 11, no. 8 (2010): 567-78, doi: 10.1038/nrm2944

(28) G. J. McKay et al., "Variations in apolipoprotein E frequency with age in a pooled analysis of a large group of older people," American Journal of Epidemiology 173, no. 12 (2011): 1357-64, doi: 10.1093/aje/kwr015

(29) A. M. Kulminski et al., "Trade-off in the effects of the apolipoprotein E polymorphism on the ages at onset of CVD and cancer influences human life span," Aging Cell 10, no. 3 (2011): 533-41, doi: 10.1111/j.1474-9726.2011.00689.x

(30) A. Cornaro, Discourses on the Sober Life [Discorsi de la vita sobria] (Thomas Y. Crowell, 1916), http://www .archive.org/details/discoursesonsobeoocornrich

(31) G. Crister, Eternity Soup: Inside the Quest to End Aging (Harmony Books, 2010).

(32) Crister, Eternity Soup.

(33) Crister, Eternity Soup.

(34) Woody Allen, quoted in J. Lloyd and J. Mitchinson, Advanced Banter: The QI Book of Quotations (Faber & Faber, 2008), 8

(35) S. N. Austad, "Ageing: Mixed results for dieting monkeys," Nature^ vol. advance online publication (2012), doi: 10.l038/nature11484

(36) Taguchi and White, "Insulin-like signaling"; L. Partridge et al., "Ageing in Drosophila: The role of the insulin/ Igf and TOR signaling network," Experimental Gerontology 46, no. 5 (2011): 376-81, doi:10.1016/j.exger.2010.09.003; J. J. McElwee et al, "Evolutionary conservation of regulated longevity assurance mechanisms," Genome Biology 8, no. 7 (2007), doi:R13210.1186/gb-2007-8-7-r132

الفصل الخامس

(1) Dylan Thomas, Collected Poems 1934-1952, ed. W Davies and R. Maud (Dent, 1994), 183

(2) R. M. Lanner, the Bristlecone Book: A Natural History of the World's Oldest Trees (Mountain Press, 2007)

(3) D. W. Larson, "The paradox of great longevity in a short-lived tree species," Experimental Gerontology 36, no. 4-6 (2001): 651-73

(4) E. B. Roark et al., "Extreme longevity in proteinaceous deep-sea corals," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106, no. 13 (200g): 5204-8, doi:io.1073/pnas.0810875106

(5) M. Gurven and H. Kaplan, "Longevity among hunter-gatherers: A cross-cultural examination," Population and Development Review 33, no. 2 (2007): 321-65, doi:10.1111/j.1728-4457.2007.00171.x

(6) R. M. Lanner and K. F. Connor, "Does bristlecone pine senesce?," Experimental Gerontology 36, no. 4-6 (2001): 675-85

(7) M. W. Salzer et al., "Recent unprecedented tree-ring growth in bristlecone pine at the highest elevations and possible causes," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106, no. 48 (2009): 20348-53, doi:10.1073/pnas.0903029106.

(8) A. Farjon, A Natural History of Conifers (Timber Press, 2008)

(9) C. Tudge, The Secret Life of Trees (Allen Lane, 2005), 30.

(10) D. M. A. Rozendaal and R A. Zuidema, "Dendroecology in the tropics: A review," Trees—Structure and Function 25, no. 1 (2011): 3-16, doi:10.1007/s00468-010-0480-3

(11) J. Q. Chambers et al., "Ancient trees in Amazonia," Nature 391, no. 6663 (1998): 135-36, doi:io.l038

(12) M. Martinez-Ramos and E. R. Alvarez-Buylla, "How old are tropical rain forest trees?," Trends in Plant Science 3, no. 10 (1998): 400-405, doi:10.1016/51360-1385(98)01313-2.

(13) W. F. Laurance et al., "Inferred longevity of Amazonian rainforest trees based on a long-term demographic study," Forest Ecology and Management 190, no. 2-3 (2004): 131-43; R. Condit et al., "Mortality-rates of 205 Neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought," Ecological Monographs 65 (1995): 419-39.

(14) S. Vieira et al., "Slow growth rates of Amazonian trees: Consequences for carbon cycling," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 102, no. 51 (2005): 18502-7, doi:10.1073/pnas.0505966102.

(15) J. Silvertown et al., "Evolution of senescence in iteroparous perennial plants," Evolutionary Ecology Research 3 (2001): 1-20

(16) J. Silvertown, Demons in Eden: The Paradox of Plant Diversity (University of Chicago Press, 2005).

(17) M. Mencuccini et al., "Evidence for age- and size-mediated controls of tree growth from grafting studies," Tree Physiology 27, no. 3 (2007): 463-73.

(18) J. Joyce, A Portrait of the Artist as a Young Man (Penguin 1965), chap. 1

(19) J. H. Doonan and R. Sablowski, "Walls around tumours—why plants do not develop cancer," Nature Reviews Cancer 10, no. 11 (2010): 793-802, doi:io.1038/111^2942.

(20) N. Kingsbury, Hybrid: The History and Science of Plant Breeding (University of Chicago Press, 2009)

(21) E. J. Klekowski Jr., Mutation, Developmental Selection, and Plant Evolution (Columbia University Press, 1988)

(22) R. Foster, Patterns of Thought: The Hidden Meaning of the Great Pavement of Westminster Abbey (Jonathan Cape, 1991): 101

(23) William Wordsworth, "Yew Trees," in Wordsworth's Poetical Works, Oxford Edition (Oxford University Press, 1932), 84.

(24) 'Yew Trees' by William Wordsworth," Visit Cumbria, accessed September 12, 2012, http://www.visitcumbria.com/cm /lorton-yew-trees.htm

(25) J. Chave et al., "Towards a worldwide wood economics spectrum," Ecology Letters 12, no. 4 (2009): 351-66, dohio.im /j.1461-0248.2009.01285.x

(26) C. Loehle, "Tree life histories: The role of defenses," Canadian Journal of Forest Research 18 (1988): 209-22

(27) M. A. Blanco and P. W. Sherman, "Maximum longevities of chemically protected and non-protected fishes, reptiles, and amphibians support evolutionary hypotheses of aging," Mechanisms of Ageing and Development 126, no. 6-7 (2005): 794-803, doi:io.ioi6/ j.mad.2005.02.006

(28) S. E. Johnson and M. D. Abrams, "Age class, longevity and growth rate relationships: Protracted growth increases in old trees in the eastern United States," Tree Physiology 29, no. 11 (2009): 1317-28, doi:io.iog3/treephys/tppo68; B. A. Black et al., "Relationships between radial growth rates and life span within North American tree species," Ecoscience 15, no. 3 (2008): 349-57, doi:io.2g8o/i5-3-3i49; C. Bigler and T. T. Veblen, "Increased early growth rates decrease longevities of conifers in subalpine forests," Oikos 118, no. 8 (2009): 1130-38, doi:10.1111/ j.1600-0706.2009.17592.x.

(29) K. E. Rose et al., "The costs and benefits of fast living," Ecology Letters 12, no. 12 (2009): 1379-84, doi:10.1111/j.1461-0248.2009.01394.x.

(30) W.A. Van Voorhies et al., "The longevity of Caenorhabditis elegans in soil," Biology Letters 1, no. 2 (2005): 247-49, doi:io.iog8/rsbl.2004.0278; D. W. Walker et al., "Natural selection: Evolution of life span in C. elegans" Nature 405, no. 6784 (2000): 296-97.

(31) D. A. Roach, "Environmental effects on age-dependent mortality: A test with a perennial plant species under natural and protected conditions," Experimental Gerontology 36, no. 4-6 (2001): 687-94.

(32) "Afrocarpus falcatus" Gymnosperm Database, ed. C. J. Earle, accessed December 21, 2012, http://www.conifers.org/po/Afro carpus_falcatus.php.

(33) F. C. Vasek, "Creosote bush: Long-lived clones in the Mohave desert," American Journal of Botany 67 (1980): 246-55.

(34) S. Arnaud-Haond et al., "Implications of extreme life span in clonal organisms: Millenary clones in meadows of the threatened seagrass Posidonia oceanica" PLoS One 7, no. 2 (2012): e3<M54.

(35) E. Clarke, "Plant individuality: A solution to the demographer's dilemma," Biological Philosophy (2012), doi:10.1007/s10539-012-9309-3.

(36) E. Oinonen, "The correlation between the size of Finnish bracken [Pteridium aquilinum (L.) Kuhn) clones and certain periods of site history," Acta Forestalia Fennica 83 (1967): 1-51.

(37) D. Ally et al., "Aging in a long-lived clonal tree," PLoS Biology 8, no. 8 (2010), doi:e100045410.1371/journal.pbio.1000454

(38) S. Jones, Y: The Descent of Men (Little Brown, 2002), 74 .

(39) M. C. Albani and G. Coupland, "Comparative analysis of flowering in annual and perennial plants," in "Plant

development," ed. M. C. P. Timmermans, Current Topics in Developmental Biology 91 (2010): 323-48; doi:10.1016/80070-2153(10)91011-9; R. Amasino, "Floral induction and monocarpic versus polycarpic life histories," Genome Biology 10, no. 7 (2009), doi:22810.1186/gb-2009-10-7-228; S. Melzer et al., "Flowering-time genes modulate meristem determinacy and growth form in Arabidopsis thaliana" Nature Genetics 40, no. 12 (2008): 1489-92,doi: 10.1038/ng.253; J. Silvertown, "A binary classification of plant life histories and some possibilities for its evolutionary application," Evolutionary Trends in Plants 3 (1989): 87-90; H. Thomas et al., "Annuality, perenniality and cell death," Journal of Experimental Botany 51, no. 352 (2000): 1781-88.

الفصل السادس

(1) Steve Knightly, "Evolution," on Arrogance, Ignorance and Greed (2009), by Show of Hands, Hands on Music, HMCD 29.

(2) T. R. Cole and M. G. Winkler, eds., the Oxford Book of Aging (Oxford University Press, 1994), 259

(3) First verse of poem no. 976, in E. Dickinson, The Complete Poems of Emily Dickinson, ed. T. H. Johnson (Little Brown, 1960), 456.

(4) Poems of John Donne, ed. E. K. Chambers (Lawrence 8c Bullen, 1896), Kindle edition.

(5) W. Davies and R. Maud, eds., Dylan Thomas Collected Poems 1934-1953 (Dent, 1994) (poem, 56; commentary, 208-9).

(6) From Seneca's "Troades," trans. John Wilmot, Earl of Rochester (1647-1680), in J. Wilmot, The Works of the Earl of Rochester (Wordsworth Editions, 1995).

(7) August Weismann, Essays upon Heredity and Kindred Biological Problems (Clarendon Press, 1891).

(8) P. B. Medawar, The Uniqueness of the Individual (Methuen, 1957); P. B. Medawar, "Old age and natural death," Modern Quarterly, vol. 2 (1946): 30-56.

(9) F. Drenos and T. B. L. Kirkwood, "Selection on alleles affecting human longevity and late-life disease: The example of apolipoprotein E," PLoS One 5, no. 3 (2010), doi:eioo22io.i37i/journal.pone.0010022.

(10) related to the immune system: C. E. Finch, The Biology of Human Longevity (Academic Press, 2007).

(11) E. Corona et al., "Extreme evolutionary disparities seen in positive selection across seven complex diseases," PLoS One 5, no. 8 (2010), doi:ei2236lo.l37l/journal .pone.0012236.

(12) J. Diamond, Guns, Germs and Steel (Chatto & Windus, 1997).

(13) G. C. Williams, "Pleiotropy, natural selection, and the evolution of senescence," Evolution 11 (1957): 398-411

(14) Devendra Uppal, "Childless for 50 yrs, mother at 70," Hindustan Times, December 8, 2008, http://www .hindustantimes.com/News-Feed/haryana/Childless-for-50-yrs-mother-at-70 /Articlei-356574.aspx.

(15) D. E. L. Promislow, "Longevity and the barren aristocrat,"Nature396, no. 6713 (1998): 719-20.

(16) D. P. Shanley et al., "Testing evolutionary theories of menopause," Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 274, no. 1628 (2007): 2943-49, doi:lo.log8 /rspb.2007.1028.

(17) M. Lahdenpera et al., "Fitness benefits of prolonged post-reproductive life span in women," Nature 428, no. 6979 (2004): 178-81.

(18) M. Lahdenpera et al., "Selection for long life span in men: Benefits of grandfathering?," Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 274, no. 1624 (2007): 2437-44.

(19) E. A. Foster et al., "Adaptive prolonged postreproductive life span in killer whales," Science 337, no. 6100 (2012): 1313, doi:lo.ll26/science.1224198.

(20) R. A. Johnstone and M. A. Cant, "The evolution of menopause in cetaceans and humans: The role of demography," Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 277, no. 1701 (2010): 3765-71, doi:lo.log8/rspb.2010.0988.

(21) S. N. Austad, "Why women live longer than men: Sex differences in longevity," Gender Medicine 3, no. 2 (2006): 79-92.

(22) M. De Paepe and F. Taddei, "Viruses' life history: Towards a mechanistic basis of a trade-off between survival and reproduction among phages," PLoS Biology 4, no. 7 (2006): 1248-56, doi:e19310.1371/journal.pbio .0040193.

(23) W. A. Van Voorhies et al., "Do longevity mutants always show trade-offs?," Experimental Gerontology 41, no. 10 (2006): 1055-58, doi:l0.l0l6/j.exger.2006.05.006

(24) D. Zanette, "Playing by numbers," Nature 453 (June 19,2008): 988-89.

(25) N. L. Jenkins et al., "Fitness cost of extended life span in Caenorhabditis elegans" Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 271, no. 1556 (2004): 2523-26, doi:io.1098/rspb.2004.2897.

(26) J. Chen et al., "A demographic analysis of the fitness cost of extended longevity in Caenorhabditis elegans" Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical. Sciences 62, no. 2 (2007): 126-35.

(27) J. Gruber et al., "Evidence for a trade-off between survival and fitness caused by resveratrol treatment of Caenorhabditis elegans" in Biogerontology: Mechanisms and Interventions, ed. S. I. S. Rattan and S. Akman, Annals of the New York Academy of Sciences, 1100 (New York Academy of Sciences, 2007), 530-42.

(28) J. Maynard Smith, "The effects of temperature and of egg-laying on the longevity of Drosophila subobscura" Journal of Experimental Biology 35 (1958): 832-42

(29) T. Flatt, "Survival costs of reproduction in Drosophila" Experimental Gerontology 46, no. 5 (2011): 369-75, doi:10.1016/j.exger.2010.10.008.

(30) W.A. Van Voorhies et al., "The longevity of Caenorhabditis elegans in soil," Biology Letters 1, no. 2 (2005): 247-49, doi:lo.log8/rsbl.2004.0278.

(31) R. E. Ricklefs and C. D. Cadena, "Lifespan is unrelated to investment in reproduction in populations of mammals and birds in captivity," Ecology Letters 10, no. 10 (2007): 867-72; R. E. Ricklefs and C. D. Cadena, "Rejoinder to Ricklefs and Cadena (2007): Response to Mace and Pelletier," Ecology Letters 10, no. 10 (2007): 874-75, doi:10.1111/j.1461-0248.2007.01103.x.

الفصل السابع

(1) Ovid, Metamorphoses (Penguin, 2004)

(2) S. A. Brown, Ovid: Myth and Metamorphosis (Bristol Classical Press, 2005).

(3) George Frederic Handel, Semele, performed by Monteverde Choir & English Baroque soloists, conducted by John Elliot Gardiner, sleeve notes, released February 3,1993, Erato 2292-45982-2,1993.

(4) T. Fort, The Book of Eels (Harper Collins, 2002).

(5) F. Rocha et al., "A review of reproductive strategies in cephalopods," Biological Reviews 76, no. 3 (2001): 291-304; L. C. Hendrickson and D. R. Hart, "An age-based cohort model for estimating the spawning mortality of semelparous cephalopods with an application to per-recruit calculations for the northern shortfin squid, Illex illecebrosus" Cephalopod Stock Assessment Workshop (2004): 4-13, doi:io.ioi6 /j.fishres.2005.12.005.

(6) R. Shine, "Reproductive strategies in snakes," Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 270,no.1519(2003):995-1004,doi:lo.1098/rspb.2002.2307;

K. B. Karsten et al., "A unique life history among tetrapods: An annual chameleon living mostly as an egg" Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105, no. 26 (2008): 8980-84, doi:lo.1073/pnas.0802468105.

(7) L. C. Cole, "The population consequences of life history phenomena," Quarterly Review of Biology 29, no. 2 (1954): 103-37, doi:io.1086/400074

(8) M. Bulmer, Theoretical Evolutionary Ecology (Sinauer Associates, 1994).

(9) M. E. Jones et al., "Life-history change in disease-ravaged Tasmanian devil populations," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105, no. 29 (2008): 10023-27, doi:io.io73/pnas.0711236105.

(10) C. E. Holleley et al., "Size breeds success: Multiple paternity, multivariate selection and male semelparity in a small marsupial, Antechinus stuartii" Molecular Ecology 15, no. 11 (2006): 3439-48, doi:10.1111/j.1365-294X.2006.03001.x.

(11) R. Naylor et al., "Boom and bust: A review of the physiology of the marsupial genus Antechinus" Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology 178, no. 5 (2008): 545-62, doi:io.ioo7/soo36o-oo7-0250-8; M. Wolkewitz et al., "Is 27 really a dangerous age for famous musicians? Retrospective cohort study," British Medical Journal 343 (2011), doi:io.H36/bmj.d7799.

(12) Wolkewitz et al., "Is 27 really a dangerous age?; K. Kraaijeveld et al., "Does female mortality drive male semelparity in dasyurid marsupials?," Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 270 (2003): S251-S253.

(13) K. M. Wolfe et al., "Post-mating survival in a small marsupial is associated with nutrient inputs from seabirds," Ecology 85, no. 6 (2004): 1740-46

(14) J. S. Christiansen et al., "Facultative semelparity in capelin Mallotus villosus (Osmeridae): An experimental test of a life history phenomenon in a sub-arctic fish," Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 360, no. 1 (2008): 47-55, doi:io.ioi6/j.jembe.20o8.04.oo3.

(15) D. W. Tallamy and W. P. Brown, "Semelparity and the evolution of maternal care in insects," Animal Behaviour 57 (1999): 727-30.

(16) K. Futami and S. Akimoto, "Facultative second oviposition as an adaptation to egg loss in a semelparous crab spider," Ethology 111, no. 12 (2005): 1126-38.

(17) S. Suzuki et al., "Matriphagy in the hump earwig, Anechura harmandi (Dermaptera: Forficulidae), increases the survival rates of the offspring," Journal of Ethology 23, no. 2 (2005): 211-13, doi:10.1007 /s10164-005-0145-7.

(18) I. A. Fleming and M. R. Gross, "Evolution of adult female life history and morphology in a Pacific salmon (coho: Oncorhynchus kisutch)" Evolution 43, no. 1 (1989): 141-57

(19) K. J. Lohmann et al., "Geomagnetic imprinting: A unifying hypothesis of long-distance natal homing in salmon and sea turtles," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105, no. 49 (2008): 19096-101, doi:10.1073/pnas.0801859105; H. Bandoh et al., "Olfactory responses to natal stream water in sockeye salmon by BOLD fMRI," PLoS One 6, no. 1 (2011), doi:10.1371/journal.pone.0016051.

(20) M. D. Hocking and J. D. Reynolds, "Impacts of salmon on riparian plant diversity," Science 331, no. 6024 (2011): 1609-12, doi:10.1126/science.1201079.

(21) S. M. Carlson et al., "Predation by bears drives senescence in natural populations of salmon," PLoS One 2, no. 12 (2007), doi:io.i37i/journal.pone.0001286.

(22) B. J. Crespi and R. Teo, "Comparative phylogenetic analysis of the evolution of semelparity and life history in salmonid fishes," Evolution 56, no. 5 (2002): 1008-20.

(23) I. A. Fleming, "Reproductive strategies of Atlantic salmon: Ecology and evolution," Reviews in Fish Biology and Fisheries 6, no. 4 (1996): 379-416, doi:io.1007^00164323; C. Garcia de Leaniz et al., "A critical review of adaptive genetic variation in Atlantic salmon: Implications for conservation," Biological Reviews 82, no. 2 (2007): 173-211, doi:10.1111/j.1469-185X.2006.00004.x.

(24) Fleming, "Reproductive strategies of Atlantic salmon

(25) M. R. Gross, "Disruptive selection for alternative life histories in salmon," Nature 313 (1985): 47-48; Y. Tanaka et al., "Breeding games and dimorphism in male salmon," Animal Behaviour 77, no. 6 (2009): 1409-13, doi:io.ioi6/j.anbehav.200g.oi.039.

(26) M. Buoro et al., "Investigating evolutionary trade-offs in wild populations of Atlantic salmon (Salmo salar): Incorporating detection probabilities and individual heterogeneity," Evolution 64, no. 9 (2010): 2629-42, doi:10.1111/j.1558-5646.2010.01029.x.

(27) D. H. Janzen, "Why bamboos wait so long to flower," Annual Review of Ecology and Systematics 7 (1976): 347-91.

(28) J. Carter et al., "Giant panda (Ailuropoda melanoleuca) population dynamics and bamboo (subfamily Bambusoideae) life history: A structured population approach to examining carrying capacity when the prey are semelparous," Ecological Modelling 123, no. 2-3 (1999): 207-23; K. G. Johnson et al., "Responses of giant pandas to a bamboo die-off," National Geographic Research 4 (1988): 161-77.

(29) L. H. Yang, "Periodical cicadas as resource pulses in North American forests," Science 306, no. 5701 (2004): 1565-67.

(30) M. Rocha et al., "Reproductive ecology of five sympatric Agave littaea (Agavaceae) species in Central Mexico," American Journal of Botany 92, no. 8 (2005): 1330-41.

الفصل الثامن

(1) Venom, "Live Like an Angel," on Welcome to Hell (1981), accessed September 13, 2012, http://lyrics.rockmagic .net/ lyrics/venom/welcome_to_hell_ 1981.html#s05.

(2) Wikipedia, s.v. "The 27 Club," accessed September 13,2012, http://en.wikipedia.org/wiki/27_Club.

(3) Guardian, October 27,2011,5.

(4) M. Wolkewitz et al., "Is 27 really a dangerous age for famous musicians? Retrospective cohort study," British Medical Journal 343 (20il),doi:l0.li36/bnij.d779g.

(5) D. W. Mac-Donald, ed., The New Encyclopedia of Mammals (Oxford University Press, 2001).

(6) J. T. Bonner, Why Size Matters (Princeton University Press, 2006), 117.

(7) I. L. Goldman, "Raymond Pearl, smoking and longevity," Genetics 162, no. 3 (2002): 997-1001.

(8) R. Pearl, "Cancer and tuberculosis," American Journal of Hygiene 9, no. 1 (1929): 97-159; R. Pearl et al., "Experimental treatment of cancer with tuberculin," Lancet 1 (1929): 1078-80.

(9) H. S. Jennings, "Biographical memoir of Raymond Pearl, 1879-1940," National Academy of the United States of America Biographical Memoirs 22, no. 14 (1942): 294-347.

(10) R. Pearl, "An appeal," Science (New York, NY) 50, no. 1301 (1919): 524-25, doi:l0.ll26/science.50.1301.524-a

(11) S. E. Kingsland, "Raymond Pearl: On the frontier in the 1920s—Raymond Pearl Memorial Lecture (1983)," Human Biology 56, no. 1 (1984): 1-18.

(12) S. Mayfield, The Constant Circle: H. L. Mencken and His Friends (Delacorte Press, 1968).

(13) R. Pearl and A. Allen, "The influence of alcohol upon the growth of seedlings," Journal of General Physiology 8, no. 3 (1926): 215-31, doi:10.1085/jgp.8.3.2i5.

(14) R. Lakshman et al., "Is alcohol beneficial or harmful for cardioprotection?," Genes and Nutrition 5, no. 2 (2010): 111-20, doi:lO.1007/512263-009-0161-2.

(15) R. Pearl, "Studies on human longevity VII. Tobacco smoking and longevity," Science 87 (1938): 216-17.

(16) R. Pearl, Alcohol and Longevity (Alfred Knopf, 1926).

(17) H. S. Lewis, Arrowsmith (New American Library, 1925), 387.

(18) R. Pearl, The Rate of Living, Being an Account of Some Experimental Studies on the Biology of Life Duration (Alfred Knopf, 1928).

(19) R. Pearl, The Biology of Death (J. B. Lippincott, 1922).

(20) S. N. Austad, Why We Age (Wiley, 1997), 76.

(21) J. W. MacArthur and W. H. T. Baillie, "Metabolic activity and duration of life II. Metabolic rates and their relation to longevity in Daphnia magna" Journal of Experimental Zoology 53, no. 2 (1929): 243-68, doi:10.10o2/jez.1400530206.

(22) K. Kitani and G. O. Ivy, "I thought, thought, thought for four months in vain and suddenly the idea came"— An interview with Denham and Helen Harman," Biogerontology 4, no. 6 (2003): 401-12, doi:10.1023/ b:bgen.0000006561.15498.68.

(23) D. Harman, "Aging: A theory based on free-radical and radiation chemistry," Journal of Gerontology 11, no. 3 (1956): 298-300.

(24) A. A. Freitas and J. P. de Magalhães, "A review and appraisal of the DNA damage theory of ageing," Mutation Research—Reviews in Mutation Research 728, no. 1-2 (2011): 12-22, doi:10.10i6/j.mrrev.2011.05.ooi.

(25) William Shakespeare, Sonnet no. 73, in The Complete Works of William Shakespeare, Royal Shakespeare Company Edition, ed. J. Bate and E. Rasmussen (Macmillan, 2006).

(26) K. B. Beckman and B. N. Ames, "The free radical theory of aging matures," Physiological Reviews 78, no. 2 (1998): 547-81.

(27) S. N. Austad and K. E. Fischer, "Mammalian aging, metabolism, and ecology: Evidence from the bats and marsupials," Journals of Gerontology, Biological Sciences 46, no. 2 (1991): B47-B53.

(28) D. J. Holmes et al., "Comparative biology of aging in birds: An update," Experimental Gerontology 36, no. 4-6 (2001): 869-83, doi:10.1016/50531-5565(00)00247-3.

(29) AnAge: The Animal Ageing and Longevity Database, accessed December 30, 2011, http://genomics. senescence.info /species/.

(30) J. P. de Magalhães et al., "An analysis of the relationship between metabolism, developmental schedules, and longevity using phylogenetic independent contrasts," Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences 62, no. 2 (2007): 149-60.

(31) R. M. Sibly and J. H. Brown, "Effects of body size and lifestyle on evolution of mammal life histories," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 104, no. 45 (2007): 17707-12, doi:10.1073/pnas.0707725104.

(32) M. A. Blanco and P. W. Sherman, "Maximum longevities of chemically protected and non protected fishes, reptiles, and amphibians support evolutionary hypotheses of aging," Mechanisms of Ageing and Development 126, no. 6-7 (2005): 794-803, doi:10.1016/j.mad.2005.02.oo6.

(33) C. Turbill et al., "Hibernation is associated with increased survival and the evolution of slow life histories among mammals," Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 278, no. 1723 (2011): 3355-63, doi:10.10g8/rspb.2011.0190.

(34) M. R. Shattuck and S. A. Williams, "Arboreality has allowed for the evolution of increased longevity in mammals,"

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 107,110.10 (2010): 4635-39, doi:10.1073/pnas.ogii439107.

(35) J. W. Gibbons, "Why do turtles live so long?," BioScience 37. no. 4 (1987): 262-69, doi:10.23O7/i31058g.

(36) G. C. Williams, "Pleiotropy, natural selection, and the evolution of senescence," Evolution 11 (1957): 398-411.

(37) R. E. Ricklefs, "Evolutionary theories of aging: Confirmation of a fundamental prediction, with implications for the genetic basis and evolution of life span," American Naturalist 152 (1998): 24-44.

(38) O. R. Jones et al., "Senescence rates are determined by ranking on the fast-slow life-history continuum," Ecology Letters 11, no. 7 (2008): 664-73, doi:10.im/j.1461-0248.2008 .01187.x.

(39) S. C. Stearns et al., "Experimental evolution of aging, growth, and reproduction in fruitflies," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 97, no. 7 (2000): 33°9-i3.

(40) T. Flatt, "Survival costs of reproduction in Drosophila" Experimental Gerontology 46, no. 5 (2011): 369-75, doi:10.1016 /j.exger.2010.10.008.

(41) M. O. Winfield et al., "A brief evolutionary excursion comes to an end: The genetic relationship of British species of Gentianella sect. Gentianella (Gentianaceae)," Plant Systematics and Evolution 237, no. 3-4 (2003): 137-51, doi:10.1007/s00606-002-0248-3.

(42) interview with Steven N. Austad, State of Tomorrow (University of Texas Foundation), accessed January 7, 2012, http:// www.stateoftomorrow.com/stories/transcripts/AustadInterviewTranscript.pdf.

(43) S. N. Austad, Why We Age (Wiley, 1997), 114

(44) S. N. Austad, "Retarded senescence in an insular population of Virginia opossums (Didelphis virginiana)" Journal of Zoology 229 (1993): 695-708.

(45) M. R. Shattuck and S. A. Williams, "Arbo-reality has allowed for the evolution of increased longevity in mammals," Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 107, no. 10 (2010): 4635-39, doi:io.1073/pnas.0911439107.

(46) C. Gonzalez-Lagos et al., "Large-brained mammals live longer," Journal of Evolutionary Biology 23, no. 5 (2010): 1064-74, doi:10.1111/j.1420-9101.2010.01976.x.

الفصل التاسع

(1) R. A. Heinlein, Methuselah's Children (New English Library, 1980), originally published 1941

(2) J. Oeppen and J. W Vaupel, "Demography: Broken limits to life expectancy," Science 296, no. 5570 (2002): 1029-31.

(3) D. Giustarini et al., "Oxidative stress and human diseases: Origin, link, measurement, mechanisms, and biomarkers," Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences 46, no. 5-6 (2009): 241-81, doi:io.3109/104o836o903i42326.

(4) J. R de Magalhães and G. Church, "Cells discover fire: Employing reactive oxygen species in development and consequences for aging," Experimental Gerontology 41, no. 1 (2006): 1-10, doi:io.ioi6/j.exger.2005.og.oo2.

(5) Z. Ungvari et al., "Extreme longevity is associated with increased resistance to oxidative stress in Arctica islandica, the longest-living non-colonial animal," Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences 66, no. 7 (2011): 741-50, doi:io. io93/gerona/glro44.

(6) J. Issartel et al., "High anoxia tolerance in the subterranean salamander Proteus anguinus without oxidative stress nor activation of antioxidant defenses during reoxygenation," Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology 179, no. 4 (2009): 543-51, doi:10.1007/s00360-008-0338-9.

(7) K. N. Lewis et al., "Stress resistance in the naked mole-rat: The bare essentials: A mini-review," Gerontology 58, no. 5 (2012): 453-62.

(8) J. R. Speakman and C. Selman, "The free-radical damage theory: Accumulating evidence against a simple link of oxidative stress to ageing and life span," Bioessays 33, no. 4 (2011): 255-59, doi:10.1002/bies. 201000132.

(9) T. von Schantz et al., "Good genes, oxidative stress and condition-dependent sexual signals," Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 266, no. 1414 (1999): 1-12, doi:10.1098/rspb.1999.0597.

(10) C. R. Freeman-Gallant et al., "Oxidative damage to DNA related to survivorship and carotenoid-based sexual ornamentation in the common yellowthroat," Biology Letters 7, no. 3 (2011): 429-32, doi:10.1098/rsbl.2010.1186.

(11) N. Saino et al., "Antioxidant defenses predict long-term survival in a passerine bird," PLoS One 6, no. 5 (2011), doi:e1959310.1371/journal.pone. 0019593.

(12) R. J. Safran et al., "Positive carotenoid balance correlates with greater reproductive performance in a wild bird," PLoS One 5, no. 2 (2010), doi:e942010.1371/journal. pone.0009420.

(13) G. C. Williams, "Pleiotropy, natural selection, and the evolution of senescence," Evolution 11 (1957): 398-411.

(14) R. Holliday and S.I. S. Rattan, "Longevity mutants do not establish any 'new science' of ageing," Biogerontology 11, no. 4 (2010): 507-11, doi:10.1007/s10522-010-9288-1.

(15) J. Weiner, Long for This World: The Strange Science of Immortality (Ecco, 2010).

(16) A. de Grey, "Defeat of aging: Utopia or foreseeable scientific reality," in Future of Life and the Future of Our Civilization, ed. V. Burdyuzha (Springer 2006), 277-90.

(17) C. Curtis et al., "The genomic and transcriptomic architecture of 2,000 breast tumours reveals novel subgroups," Mature 486, no. 7403 (2012),346-52, doi:10.1038/naturel0983.

(18) L. Hayflick and P. S. Moorhead, "Serial cultivation of human diploid cell strains," Experimental Cell Research 25, no. 3 (1961): 585-621, doi:10.1016/0014-4827(61)90192-6.

(19) J. W. Shay and W. E. Wright, "Hayflick, his limit, and cellular ageing," Nature Reviews Molecular Cell Biology 1, no. 1 (2000): 72-76.

(20) E. H. Blackburn et al., "Telomeres and telomerase: The path from maize, Tetrahymena and yeast to human cancer and aging," Nature Medicine 12, no. 10 (2006): 1133-38.

(21) S. Chen, "Length of a human DNA molecule," in The Physics Factbook, ed. Glenn Elert, accessed January 25, 2012, http://hypertextbook.com/facts/igg8/StevenClien.shtml.

(22) L. Hayflick, "Human cells and aging," Scientific American 218, no. 3 (1968): 32-37.

(23) K. A. Mather et al., "Is telomere length a biomarker of aging? A review," Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences 66, no. 2 (2011): 202-13, doi:lo.log3/gerona/glqi8o.

(24) J. W. Shay and W. E. Wright, "Role of telomeres and telomerase in cancer," Seminars in Cancer Biology 21, no. 6 (2011): 34g-53, doi:io.ioi6/j.semcancer.20ii.io.ooi.

(25) A. Seluanov et al., "Telomerase activity coevolves with body mass not life span," Aging Cell 6, no. 1 (2007): 45-52, doi:10.1111/j.1474-g726.2006.00262.x.

(26) N. M. V. Gomes et al., "Comparative biology of mammalian telomeres: Hypotheses on ancestral states and the roles of telomeres in longevity determination," Aging Cell 10, no. 5 (2011): 761-68, doi:10.1111/j.1474-g726.2011.00718.x.

(27) P. Bize et al., "Telomere dynamics rather than age predict life expectancy in the wild," Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 276, no. 1662 (20og): 1679-83, doi:10.1098/rspb.2008.1817; C. M. Vleck et al., "Evolutionary ecology of senescence: A case study using tree swallows, Tachycineta bicolor"

Journal of Ornithology 152 (2011): 203-11, doi:10.1007/s10336-010-0629-2; H. M. Salomons et al., "Telomere shortening and survival in free-living corvids," Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 276, no. 1670 (2009): 3157-65, doi:10.1098/rspb.2009.0517; C. G. Foote et al, "Individual state and survival prospects: Age, sex, and telomere length in a long-lived sea-bird," Behavioral Ecology 22, no. 1 (2011): 156-61, doi:10.1093/beheco/arq178.

(28) R. M. Cawthon et al., "Association between telomere length in blood and mortality in people aged 60 years or older," Lancet 361, no. 9355 (2003): 393-95.

(29) Mather et al., "Is telomere length a biomarker of aging?".

(30) D. A. Gunn et al., "Perceived age as a biomarker of ageing: A clinical methodology," Biogerontology 9, no. 5 (2008): 357-64, doi:io.ioo7/s10522-oo8-gi4i-y.

(31) D. J. Baker et al., "Clearance of pi6Ink4a-positive senescent cells delays ageing-associated disorders," Nature 479, no. 7372 (2011): 232-36.

(32) L. Lapasset et al., "Rejuvenating senescent and centenarian human cells by reprogramming through the pluripotent state," Genes & Development 25, no. 21 (2011): 2248-53, doi:10.1101/gad.173922.111.

(33) R. Wilkinson and K. Pickett, the Spirit Level: Why More Equal Societies Almost Always Do Better (Penguin Books, 2010).

(34) Wilkinson and Pickett, the Spirit Level.

ملحق

ملحق الأسماء
العلمية للأنواع التي ذُكرت في الكتاب

يورد هذا الملحق الأسماء العلمية للأنواع التي ذُكرت في متن الكتاب مع عمرها القيـاسي المعروف بالسـنوات (وحده الأقـصى بين قوسـين). كل البيانات الخاصة بالحيوانات مصدرها قاعدة بيانات أناج AnAge:

http://genomics.senescence.info/species/.

والبيانـات الأخـرى وردت من المصـادر المذكورة في هوامش الفصول. تشـير الشرطة (-) إلى أن العمر مجهول.

الاسم	الاسم الأجنبي	الاسم العلمي	مدة الحياة
ببغاء رمادي أفريقي	African grey parrot	Psittacus erithacus	50
سمامة الألب	Alpine swift	Apus melba	(26) 6
كارينيانا ميكرانثا	Amazonian tree	Cariniana micrantha	1400
قندس أمريكي	American beaver	Castor canadensis	23
أنقليس أمريكي	American eel	Anguilla rostrata	(50) 15
سمنة أمريكية أو أبو الحناء الأمريكي	American robin	Turdus migratorius	17
سالمون أطلنطي	Atlantic salmon	Salmo salar	13
جنتيانا خريفية	autumn gentian	Gentianella amarella	1.5 – 0.25
شوح بلسمي	balsam fir	Abies balsamea	8o<

خيزران	bamboo	Bambusoideae	(120)
خطاف المخازن أو سنونو المخازن	barn swallow	Hirundo rustica	16
القضبان أو التامول أو البتيولا	birch	Betula spp.	200 - 100
الدب الأسود	black bear	Ursus americanus	(34)
الحوت مقوس الرأس	bowhead whale	Balaena mysticetus	(211)
سرخس عقابي	bracken fern (clones)	Pteridium aquilinum	(700)
صنوبر معمر أو شوكي المخروط	bristlecone pine	Pinus longaeva	(4789)
فأر جرابي بني	brown antechinus	Antechinus stuartii	(5.4) 1
أرقطيون صغير	burdock	Arctium minus	2
كبلين	capelin	Mallotus villosus	10
خنزير الماء	capybara	Hydrochaeris hydrochaeris	(15) 10
نبات القرن، أجاف أمريكي	century plant	Agave americana	25
حشيشة القزاز (عشب الطير)	chickweed	Stellaria media	1 >
الهازجة صفراء الرقبة	common yellowthroat	Geothlypis trichas	(11.5)
عنكبوت سرطاني	crab spider	Lysiteles coronatus	—
حشيشة الشحم	creosote bush	Larrea tridentata	نحو (11.000)
ديبلر أو الفأر الجرابي الأبقع	dibbler	Parantechinus apicalis	(5.5) 3 <

طائر الدودو	dodo	Raphus cucullatus	—
جنتيانا مبكرة	early gentian	Gentianella anglica	0.3
السنجاب الرمادي الشرقي	eastern gray squirrel	Sciurus carolinensis	(24)
أرز أحمر شرقي	eastern red cedar	Juniperus virginiana	(300)
أرز أبيض شرقي	eastern white cedar	Thuja occidentalis	(1800) 80
درميس أسترالي أو إمو	emu	Dromaius novaehollandiae	16.6
أنقليس أوروبي	European eel	Anguilla anguilla	15 - 10 (88)
أخدرية	evening primroses	Oenothera spp.	2.3
بشروش أو النحام الكبير	flamingo, greater	Phoenicopterus roseus	(44)
القمعية الأرجوانية أو قفاز الثعلب الأرجواني	foxglove	Digitalis purpurea	2
محار لؤلؤ الماء العذب	freshwater pearl mussel	Margaritifera margaritifera	(250)
ذبابة الفاكهة	fruit fly	Drosophila melanogaster and other species	0.3
محار خرطوم الفيل، أو محار ملك	geoduck clam	Panopea generosa (syn. P. abrupta)	(169)
لوبيليا عملاقة	giant lobelia	Lobelia telekii	70 - 40
الشيح الشائع، أو بابونج الطير	groundsel	Senecio vulgaris	1 >
شجرة الغواري	gwarrie tree	Euclera undulata	(نحو 10000؟)

(106) 68	Mercenaria mercenaria	hard clam	محار صلب الصدفة
(49)	Larus argentatus	herring gull	نورس فضي، نورس الرنجة
(8)	Apis mellifera	honeybee queen	ملكة نحل العسل الأوروبية
1 >	Apis mellifera	honeybee worker	عاملة نحل العسل الأوروبية
(4)	Mus musculus	house mouse	فأر المنازل
(122) 66	Homo sapiens	human	الإنسان العاقل
(100)	Proteus anguinus	human fish or olm	السمندل الأعمى ذو الخياشيم الخارجية، أو الأولم، «السمك الإنسان»
(20)	Corvus monedula	jackdaw	الغرب الغربي أو الأوراسي
1	Anechura harmandi	Japanese hump earwig	أبو مقص الياباني الأحدب
(100) 50	Orcinus orca	killer whale	الحوت القاتل
30	Raphia australis	kosi palm	رافية جنوبية
(16)	Vanellus vanellus	lapwing	أبو طيط ذو العرف، أو زقزاق شامي أو دحروج شامي
1.2	Plantago lanceolata	long-leaved plantain	لسان الحمل السهمي
0.4	Furcifer labordi	Madagascan chameleon	حرباء لابوردي، أو حرباء مدغشقر
0.2	Pyrgauchenia tristaniopsis	Malaysian treehopper	نطاط الشجر الماليزي
0.1	Ceratitis capitata	medfly	ذبابة الفاكهة المتوسطة

أستروكاريوم مكسيكي	Mexican Astrocaryum palm	Astrocaryum mexicanum	123
بوصير شائع أو بوصير تابسوسي	mullein	Verbascum thapsus	2
فأر الخلد العاري	naked mole-rat	Heterocephalus glaber	(31) 25
ربداء رشيقة، ديدان أسطوانية(*)	nematode worm	Caenorhabditis elegans	0.06
محار أيسلندي	ocean quahog	Arctica islandica	(405) 100
نعامة	ostrich	Struthio camelus	(50)
الصنوبر السرخسي الأفريقي، أو أفروكاربوس فالكاتوس	Outeniqua yellowwood	Afrocarpus falcatus	(650)
سالمون فضي - كوهو	Pacific salmon—coho	Oncorhynchus kisutch	3
السيكادا الحولية، حشرة الزير أو زير الحصاد الموسمية	periodical cicadas	Magicicada spp.	17، 13
وطواط بيبيستريل	pipistrelle bat	Pipistrellus pipistrellus	(16)
شجرة صنوبر بونديروزا	ponderosa pine	Pinus ponderosa	300
خشخاش	poppy	Papaver spp.	1 >
بويا ريموندي	puya	Puya raimondii	150 - 80
جرذ	rat	Rattus norvegicus	3. 8
نوء عملاق جنوبي	southern giant petrel	Macronectes giganteus	(40)

(*) هناك عشرات الآلاف من الأنواع المعروفة من الديدان الأسطوانية، ومن المؤكد أن ثمة عددا أكبر كثيرا من الأنواع التي لم يوضع لها وصف، لكن هنا أستخدم الاسم الشائع للإشارة فقط إلى هذا النوع (الربداء الرشيقة).

2	Cirsium vulgare	spear thistle	قصوان شائع
0.16	Schindleria brevipinguis	stout infantfish	سمكة الطفل البدين
-	Thiomargarita namibiensis	sulfur pearl bacterium	بكتيريا اللؤلؤة الكبريتية
80 - 30	Corypha umbraculifera	talipot palm	نخلة التاليبوت
2	Sarcophilus harrisii	Tasmanian devil	شيطان تسمانيا
0.12	Arabidopsis thaliana	thale cress	خردل أرابيدس
(12)	Tachycineta bicolor	tree swallow	سنونو الأشجار
(10000)	Populus tremuloides	trembling aspen (clones)	أشجار الحور الرجراج (مستنسخات)
-	Mycobacterium tuberculosis	tuberculosis bacterium	بكتيريا مرض السل
-	Helicobacter pylori	ulcer-causing bacterium	بكتيريا مسببة لقرح المعدة
(6.5) 2.3	Didelphis virginiana	Virginia opossum	حيوان الأبوسوم الفرجيني
1000 <	Thuja plicata	western red cedar	شجر الأرز الأحمر الغربي
3-2	Daucus carota	wild carrot	الجزر البري
10 - 3	Fragaria vesca	wild strawberry	الفراولة البرية
(85) 55	Salix spp.	willow	صفصاف
350 <	Wollemia nobilis	Wollemi pine	صنوبر ولمي
1000 <	Taxus baccata	Yew	طقسوس

المؤلف في سطور

جوناثان سيلفرتاون

■ ولد في العام 1954، في لندن، المملكة المتحدة.

■ أستاذ الإيكولوجيا (علم البيئة) في الجامعة المفتوحة بمدينة ميلتون كينز، إنجلترا.

ألّف وحرّر كتبا عدة، من بينها:

- Introduction to Plant Population Biology
- Fragile Web: What next for Nature?
- 99% Ape: How Evolution Adds Up
- Demons in Eden: The Paradox of Plant Diversity
- An Orchard Invisible: A Natural History of Seeds

المترجمة في سطور

سحر توفيق

■ أديبة ومترجمة.

■ من مؤلفاتها: «طعم الزيتون» (رواية)، «رحلة السّـمان» (رواية)، «بيت العانس» (مجموعة قصصية).

■ ترجمت ما يزيد على ثلاثين كتابا، من بينها:

- « مداخل إلى جرامشي»، تحرير آن شوستاك ساسون، القاهرة، 2016.
- «التهميش والمهمشـون في مصر والشرق الأوسـط»، تحرير حبيب عائب وراي بوش، القاهرة، 2012.
- « موجز تاريخ الشـعب الأرمنـي»، جورج بورنوتيان، الـدار المصرية اللبنانية، 2012.
- « شهيرات النساء»، ماريلين بوث، المركز القومي للترجمة، 2009.
- « الهويـة والعنف: وهم المصير الحتمي»، أمارتيا صن، سلسـلة «عالم المعرفة»، الكويت، يونيو 2008.
- « المذنبة»، مارجريت أتوود، القاهرة، 2005.

- « أرض الحبايــب بعيدة: رحلة نقدية في حياة وأعــمال بيرم التونسي»، ماريلين بوث، القاهرة، 2002.
- « فلاحــو الباشــا، الأرض والمجتمع والاقتصاد في الوجــه البحري 1740-1858»، كينيث كونو، القاهرة، 2000.
- «قصــص برازيليــة»، (عــن الإنجليزية بالاشــتراك مع الأســتاذ خليــل كلفت)، سلسلة «إبداعات عالمية»، الكويت، أبريل 2000.

سلسلة عالم المعرفة

«عالم المعرفة» سلسلة كتب ثقافية تصدر في مطلع كل شهر ميلادي عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - دولة الكويت - وقد صدر العدد الأول منها في شهر يناير العام 1978.

تهدف هذه السلسلة إلى تزويد القارئ بمادة جيدة من الثقافة تغطي جميع فروع المعرفة ، وكذلك ربطه بأحدث التيارات الفكرية والثقافية المعاصرة . ومن الموضوعات التي تعالجها تأليفا وترجمة :

1 - الدراسات الإنسانية : تاريخ - فلسفة - أدب الرحلات - الدراسات الحضارية - تاريخ الأفكار.

2 - العلوم الاجتماعية : اجتماع - اقتصاد - سياسة - علم نفس - جغرافيا - تخطيط - دراسات استراتيجية - مستقبليات.

3 - الدراسات الأدبية واللغوية : الأدب العربي - الآداب العالمية - علم اللغة .

4 - الدراسات الفنية : علم الجمال وفلسفة الفن - المسرح - الموسيقى - الفنون التشكيلية والفنون الشعبيّة.

5 - الدراسات العلمية : تاريخ العلم وفلسفته ، تبسيط العلوم الطبيعية (فيزياء ، كيمياء ، علم الحياة ، فلك) - الرياضيات التطبيقية (مع الاهتمام بالجوانب الإنسانية لهذه العلوم) ، والدراسات التكنولوجية.

أما بالنسبة إلى نشر الأعمال الإبداعية - المترجمة أو المؤلفة - من شعر وقصة ومسرحية ، وكذلك الأعمال المتعلقة بشخصية واحدة بعينها فهذا أمر غير وارد في الوقت الحالي.

وتحرص سلسلة «عالم المعرفة» على أن تكون الأعمال المترجمة حديثة النشر.

وترحب السلسلة باقتراحات التأليف والترجمة المقدمة من المتخصصين ، على ألا يزيد حجمها على 350 صفحة من القطع المتوسط ، وأن تكون مصحوبة بنبذة وافية عن الكتاب وموضوعاته وأهميته ومدى جدته. وفي حالة الترجمة ترسل نسخة

مصورة من الكتاب بلغته الأصلية، كما ترفق مذكرة بالفكرة العامة للكتاب، وكذلك يجب أن تدوّن أرقام صفحات الكتاب الأصلي المقابلة للنص المترجم على جانب الصفحة المترجمة، والسلسلة لا يمكنها النظر في أي ترجمة ما لم تكن مستوفية لهذا الشرط. والمجلس غير ملزم بإعادة المخطوطات والكتب الأجنبية في حالة الاعتذار عن عدم نشرها. وفي جميع الحالات ينبغي إرفاق سيرة ذاتية لمقترح الكتاب تتضمن البيانات الرئيسية عن نشاطه العلمي السابق.

وفي حال الموافقة والتعاقد على الموضوع ــ المؤلف أو المترجم ـ تصرف مكافأة للمؤلف مقدارها ألفا دينار كويتي، وللمترجم مكافأة بمعدل ثلاثين فلسا عن الكلمة الواحدة في النص الأجنبي، (وبحد أقصى مقداره ألفان وخمسمائة دينار كويتي).

سعر النسخة

الكويت ودول الخليج	دينار كويتي
الدول العربية	ما يعادل دولارا أمريكيا
خارج الوطن العربي	أربعة دولارات أمريكية

الاشتراكات

دولة الكويت

للأفراد	15 د . ك
للمؤسسات	25 د . ك

دول الخليج

للأفراد	17 د . ك
للمؤسسات	30 د . ك

الدول العربية

للأفراد	25 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	50 دولارا أمريكيا

خارج الوطن العربي

للأفراد	50 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	100 دولار أمريكي

تسدد الاشتراكات والمبيعات مقدما نقدا أو بشيك باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، مع مراعاة سداد عمولة البنك المحول عليه المبلغ في الكويت، ويرسل إلينا بالبريد المسجل على العنوان التالي:

المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

ص. ب 23996 الصفاة - الرمزي البريدي 13100

دولة الكويت

بدالة: 22416006 (00965)

داخلي: 1196/ 1195/ 1194/ 1193/1153/ 1152

اتحاد الموزعين العرب

ARAB DISTRIBUTORS UNION

كشف بأسماء وأرقام وكلاء التوزيع - أولاً: التوزيع المحلي - دولة الكويت

م	الدولة	وكيل التوزيع	رقم الهاتف	رقم الفاكس	الإيميل
1	الكويت	المجموعة الإعلامية العالمية	00965 24826820/1/2	00965 24826823	im_grp50@yahoo.com
		ثانياً: التوزيع الخارجي			
2	السعودية	الشركة السعودية للتوزيع	00966 /14419933 - 14418972	009661 12121766 - 1212774	bander.shareef@saudidistribution.com babiker.khalil@saudidistribution.com
3	البحرين	مؤسسة الأيام للنشر	00973 /17617733 - 36616168	00973 17617744	cir@alayam.com rudainaa.ahmed@alayam.com
4	الإمارات	شركة الإمارات للطباعة والنشر والتوزيع	00971 43916501/2/3	00971 43918354 - 43918019	eppdc@emirates.net.ae info@eppdco.com essam.ali@eppdco.com
5	سلطنة عُمان	مؤسسة العطاء للتوزيع	00968 24492936 - 24496748 - 24491399	00968 24493200	alattadist@yahoo.com
6	قطر	شركة دار الثقافة	00974 44621942 / 44622182	00974 44621800	thaqafadist@qatar.net.qa
7	مصر	مؤسسة أخبار اليوم	00202 25782700/1/2/3/4/5 00202 25806400	00202 25782540	ahmed_isaac2008@hotmail.com
8	لبنان	مؤسسة نعنوع الصحفية للتوزيع	00961 1666314/5	00961 1653259 00961 1653260	topspeed1@hotmail.com
9	تونس	الشركة التونسية	00216 71322499	00216 71323004	sotupress@sotup.com.nt
10	المغرب	الشركة العربية الأفريقية	00212 522249200	00212 522249214	s.wardi@sapress.ma
11	الأردن	وكالة التوزيع الأردنية	00962 6535885 - 797204095	00962 65337733	alshafiei.aukousha@aramex.com basem.abuhameds@aramex.com
12	فلسطين	شركة رام الله للتوزيع والنشر	00970 22980800	00970 22964133	wael.kassess@rdp.ps
13	اليمن	القائد للنشر والتوزيع	00967 1240883	00967 1240883	alkaidpd@yahoo.com
14	السودان	دار الريان للثقافة والنشر والتوزيع	002491 83242702	002491 83242703	daralryan_cup22@hotmail.com daralryan_12@hotmail.com

تنويه

للاطلاع على قائمة كتب السلسلة انظر عدد ديسمبر (كانون الأول) من كل سنة، حيث توجد قائمة كاملة بأسماء الكتب المنشورة في السلسلة منذ يناير 1978.

قسيمة اشتراك في إصدارات
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

	سلسلة عالم المعرفة		الثقافة العالمية		عالم الفكر		إبداعات عالمية		جريدة الفنون	
	د.ك	دولار	د.ك	دولار	د.ك	دولار	د.ك	دولار	د.ك	دولار
[illegible]	25		12		12		20		12	
[illegible]	15		6		6		10		8	
[illegible]	30		16		16		24			36
[illegible]	17		8		8		12			24
[illegible]		100		50		40		100		48
[illegible]		50		25		20		50		36
[illegible]		50		30		20		50		36
[illegible]		25		15		10		25		24

الرجاء ملء البيانات في حالة رغبتكم في: تسجيل اشتراك ☐ تجديد اشتراك ☐

الاسم:	
العنوان:	
اسم المطبوعة:	مدة الاشتراك:
المبلغ المرسل:	نقدا / شيك رقم:
التوقيع:	التاريخ: / / 20م

هذا الكتاب...

لا مفرَّ من الموت. هذه حقيقة، ولكن ماذا يقول العلم عن أسباب الاختلاف الكبير في شكل الحياة، وطولها، بين الناس؟ والحق أن هذه الاختلافات لا تُقارَن بما يمكن أن نجده لدى الأنواع الأخرى من الحيوانات أو النباتات. لقد اكتشف العلماء فطرا عملاقا في ميتشيغان بالولايات المتحدة يعيش منذ العصر الجليدي، بينما يعيش أحد أنواع اليعسوب أربعة أشهر فقط، وتعيش ذبابة الربيع في طور الفراشة ما لا يزيد على ساعات معدودة.

على مدى قرون طويلة، كان الفلاسفة يحلمون بالعثور على إكسير الشباب، لكي يتمكنوا من التمتع بشباب دائم، لكن لم يحاول أحد ولو بقدر ضئيل أن يفهم ما الشيخوخة، أو لماذا تحدث، ومن ثم لم يكن لديهم أقل أمل في التغلب عليها. أما الآن، وقد فهمنا ليس فقط كيف تتدهور الوظائف البيولوجية، بل أيضا السببَ في حدوث هذا التدهور، فهل تقدم لنا هذه المعرفة العلمية أملا جديدا، أم هي مجرد إضرام لنار على وهم طالما حلمنا به؟

يعرض هذا الكتاب لموضوع مهم وجذاب للغاية، مع مؤلف بارع يقدمه بأسلوب ساحر للغاية. وهو ما من شأنه إشباعُ النهم إلى المعرفة لدى القراء من كل الأعمار.

ISBN 978 - 99906 - 0 - 504 - 4